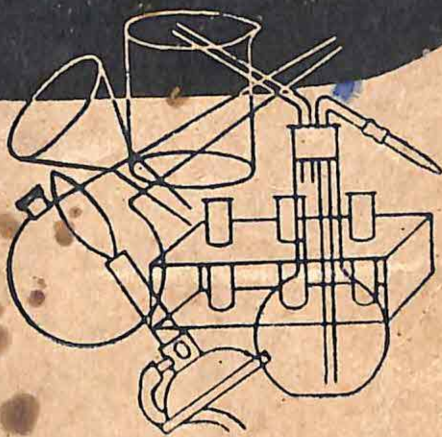
রসায়ন আলোচনা



প্রথম খণ্ড

মিত্র ও সরকার

ঘোষ এণ্ড কোং
ক লি কা তা

পশ্চিমবঙ্গ উচ্চ মাধ্যমিক কাউন্সিলের মনোনীত পাঠক্রম অনুযায়ী লিখিত

রসায়ন আলোচনা

অধ্যাপক লাডলী মোহন মিত্রের

A TEXT BOOK

of

INORGANIC CHEMISTRY'র

বাঙলা সংস্করণ

ডঃ **শচীন্দ্রনাথ সরকার**, এম. এস-সি. ; পি. এইচ-ডি.

অধ্যক্ষ : গুরুদাস কলেজ, কলিকাতা

প্রাক্তন প্রধান অধ্যাপক

রসায়ন বিভাগ ; শ্রীচৈতন্য কলেজ

হাবড়া, দীনবন্ধু মহাবিদ্যালয়, বনগ্রাম

প্রথম খণ্ড

ঘোষ এণ্ড কোং

১২, রমানাথ মজুমদার স্ট্রীট

কলিকাতা-৭০০০০৯

প্রকাশক ঃ
এস্. বি. ঘোষ, এম. এস-সি
১২, রমানাথ মজুমদার স্ট্রীট
কলিকাতা-৭০০০০৯

দ্বিতীয় সংস্করণ
জানুয়ারী ; ১৯৭৮

আংশিক ভাবে ভারত সরকারের নিকট হইতে সুবিধাদরে
পাওয়া কাগজে মুদ্রিত

মূল্য ১২·০০ টাকা মাত্র

মুদ্রাকর ঃ

অশোক প্রিন্টিং ওয়ার্কস্
শ্রীঅশোককুমার পান
৭ নং বলাই সিংহ লেন,
কলিকাতা-৬

প্রদীপ কুমার হাজরা
শ্রীমুদ্রণ
৪০, নং শিবনারায়ণ দাস লেন,
কলিকাতা-৬

ভূমিকা

এই বৎসর হইতে পশ্চিম বঙ্গে উচ্চ মাধ্যমিক স্তরে নূতন শিক্ষাক্রম প্রবর্তিত হইয়াছে এবং উচ্চতর শিক্ষা সংসদের তত্ত্বাবধানে বিভিন্ন বিষয়ের পাঠ্যসূচীও রচিত হইয়াছে।

অধ্যাপক লাডলী মোহন মিত্রের 'A Text Book of Inorganic Chemistry' নিঃসন্দেহে রসায়ন শাস্ত্রের সর্বজন সমাদৃত পাঠ্য পুস্তক। পুস্তকটির গুরুত্ব যে আজও বিন্দুমাত্র হ্রাস পায় নাই সে বিষয়ে কাহারও মনে কোন দ্বিধা নাই।

রসায়নের নূতন পাঠ্যসূচীর আধুনিক দৃষ্টিভঙ্গি যাহাতে যথাযথ প্রতিফলিত হয় অথচ অযথা তত্ত্বে ভারাক্রান্ত হইয়া ভীতির সঞ্চার না করে এবং ছাত্রছাত্রীদের বিজ্ঞান জিজ্ঞাসু করিয়া তোলে সেই দিকে লক্ষ্য রাখিয়া নূতন পাঠ্যসূচী অনুযায়ী ইহার কিছু কিছু পরিবর্তন, পরিবর্ধন ও পরিশোধন করিয়া অধ্যাপক মিত্রের মূল পুস্তকখানি বাংলা ভাষায় রচিত হইয়াছে।

পুস্তকখানিকে সহজ, সরল ও সুখপাঠ্য করিবার আপ্রাণ চেষ্টা করিয়াছি। আমার শ্রমের সাফল্য ও পুস্তকখানির গুণাগুণ বিচারের ভার আমার সহকর্মী শিক্ষক ও ছাত্র সমাজের উপর রহিল।

পুস্তক প্রণয়ন কালে আমি বহু সহকর্মী ও শুভানুধ্যায়ীর নিকট হইতে উৎসাহ ও প্রেরণা পাইয়াছি। নিতান্ত মামুলি হইয়া যায় বলিয়া স্বতন্ত্র ভাবে তাঁহাদের নামোল্লেখ করিলাম না। তাঁহাদের সহায়তা, উৎসাহ ও পরামর্শ আমি সশ্রদ্ধ চিত্তে চিরকাল স্মরণে রাখিব।

অসাবধানতা বশতঃ পুস্তকে কিছু মুদ্রণ প্রমাদ থাকিয়া যাইতে পারে। সহৃদয় পাঠক উহার প্রতি আমার দৃষ্টি আকর্ষণ করিলে এবং পুস্তকখানিকে আরও উন্নত ও সুখপাঠ্য করিবার জন্য তাঁহাদের সুচিন্তিত মতামত ও প্রস্তাব দিলে বিশেষ বাধিত হইব; পরবর্তী সংস্করণে কৃতজ্ঞতার সহিত তাহা স্বীকার করিয়া প্রয়োজনীয় পরিবর্তন সাধন করিতে প্রয়াস পাইব।

নভেম্বর, ১৯৭৬

শ্রীশচীন্দ্র নাথ সরকার

সূচীপত্র

ভৌত রসায়ন

CHEMISTRY

SYLLABUS

PAPER I (Full Marks—80)

Group—A

General and Physical Chemistry (Mark —40)

I. Introduction. Chemistry—an experimental science. Elements, Compounds and Mixtures.

II. Laws of Chemical Combination—Dalton's Atomic Theory (critical study). Gay Lussac's law. Atomic weight (definition).

III. Concept of the Molecule and Avogadro's Hypothesis. Definition of molecular weight, Simple deductions from Avogadro's Hypothesis. Avogadro Number (Determination excluded). Mole concept.

IV. Symbols, Formula and Valency—Chemical equations and their significance. Stoicheiometry. Weight to weight, weight to volume and volume to volume calculation. Eudiometry. Vapour density (determination omitted), Empirical formula and Molecular formula.

V. Fquivalent weight. Chemical methodes of determination of equivalent and atomic weights. Dulong and Petit's Laws. Mitscherlich's law of·isomorphism. Calculations using mole concept.

VI. Acidic, Basic, Amphoteric and Neutral Oxides. Hydracids and Oxyacids. Basic Oxides and Hydroxides. Normal, Acid and Basic salts—Hydrolysis. Equivalent weight of Acids, Bases and Salts. Standard solution, Indicator. Chemical Calculations on Acidimetry and Alkalimetry.

VII. Oxidation and Reduction—old concept and new electronic concept. Inter-relation between the two. Oxidation number—balancing equations by Oxidation-number method (simple examples only from reaction under the purview of the syllabus).

Electropotential series of metals.

VIII. Boyle's Law, Charles' Law. Gas Constant R ; $PV = nRT$. Dalton's Law of Partial Pressures, Graham's law of diffusion of gases.

IX. Law of Mass Action. Dynamic Equilibrium and Equilibrium Constant. Le' Chatelier Principle and its application to some industrial reactions.

GROUP—B

Inorganic Chemistry (Marks—40)

The Chemistry of an element or a compound mentioned in this syllabus includes Preparation, Properties, Reactions and Uses. Laboratory Processes should be included where necessary.

Chemistry of the following :—(Comparative study wherever possible).

I. Oxygen and Hydrogen. Water ; Hard water and soft water. Softening of water. Gravimetric and Volumetric composition of water. Hydrogen peroxide and Ozone.

II. Air ; Nitrogen.

III. The Elements—Carbon, Phosphorus, Sulphur and Halogens (Fluorine excluded).

IV. **Oxides**

CO, CO_2, SiO_2, N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4, N_2O_5, P_4O_6, P_4O_{10}, SO_2, SO_3.

V. **Oxyacids**

Nitrous, Nitric, Phosphorous, Phosphoric, Sulphurous and Sulphuric Acids.

VI. Hydrides—Ammonia, Phosphine, Sulphuretted Hydrogen, Hydrochloric, Hydrobromic and Hydriodic Acids.

VII. Manufacture (omitting details) of Ammonia (Conversion of Ammonia into Ammonium Sulphate and Urea), Nitric Acid, Sulphuric Acid (Contact process only) and Super-Phosphate of Lime, Coal Gas.

S. Chau...

Group—A

ভৌত রসায়ন
(Physical Chemistry)

প্রথম পরিচ্ছেদ

প্রথম অধ্যায়
ভূমিকা (Introduction)

বর্তমান যুগ বিজ্ঞানের যুগ ; বর্তমান সভ্যতা একান্তভাবেই বিজ্ঞান-নির্ভর। বিজ্ঞানের অশেষ অবদানে মানবজীবন রূপেরসে সতেজ ও প্রাণবন্ত ; বিজ্ঞান তাহার জীবনযাত্রায় আনিয়াছে আমূল পরিবর্তন। শিল্পোন্নত দেশের একজন সাধারণ নাগরিক আজ যে সুখস্বাচ্ছন্দ্য ও ভোগ-বিলাসের মধ্যে জীবনধারণ করিয়া থাকেন প্রাচীন মিশরের সম্রাটেরাও তাহা কল্পনা করিতে পারিতেন না! লক্ষ লক্ষ বছর আগে (পণ্ডিতব্যক্তিদের হিসাবে পৃথিবীতে মানুষের আবির্ভাব ঘটে প্রায় দশ লক্ষ বছর আগে ; এবং মানব-সভ্যতার বয়স মাত্র দশ হাজার বছর ,—তাহাও হইবে কিনা সন্দেহ) মানুষ ছিল পশুর সামিল ; ভয়ে ও শঙ্কায় প্রকৃতির কাছে ছিল নতশির। কিন্তু আজ প্রকৃতির রাজ্যে মানুষ সর্বাপেক্ষা বুদ্ধিমান ও অসীম ক্ষমতাধর। কি সেই শক্তি যার সাহায্যে অসহায় ও আশ্রয়হীন মানবসন্তান প্রকৃতির সহিত সংগ্রাম করিয়া তাহার তুলনায় বহুগুণে বলীয়ান বন্য পশু দমন ও প্রকৃতির উপর আধিপত্য বিস্তার করিয়া জীবনসংগ্রামে জয়ী হইয়াছে ? কোন্ যাদুদণ্ডের স্পর্শে তাহার জীবন ধারায় আসিল বিস্ময়াতীত অগ্রগতি ? বর্বরতা হইতে সভ্যতার উত্তরণই বা কিসে সম্ভব হইল ? প্রকৃতির রহস্য উন্মোচনের তীব্র প্রয়াস, বিচার ও চিন্তা ক্ষমতাই, এক কথায় মানুষের বিজ্ঞান বুদ্ধি মানুষের কপালে জয়টীকা পরাইয়া দিল। প্রকৃতির বিবিধ ও বিচিত্র ঘটনাবলীর কার্যকারণ অনুসন্ধান ও তাহার রহস্য আয়ত্ত করিয়া প্রয়োজনমত ক্ষেত্রে সেই বিশেষ জ্ঞানের প্রয়োগ মানুষের বিজ্ঞানবুদ্ধির বিকাশ ঘটাইয়াছে। প্রাকৃতিক ঘটনাবলী ও তাহাদের সম্পর্ক সম্বন্ধে পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণ সঞ্জাত শৃঙ্খলাবদ্ধ জ্ঞানই "বিজ্ঞান"। "Science is ordered knowledge (gained through experi-periments and observations) of natural phenomenon and of their relations between them."। তবে বিজ্ঞানের জয়যাত্রা সোজা সরলপথে চলে নাই ; কায়েমী স্বার্থের সহিত বারবার তাহার তীব্র সংঘাত বাধিয়াছে ; কালজয়ী

প্রতিভাধর একাধিক বিজ্ঞানীকে আত্মাহুতি দিতে হইয়াছিল অন্ধ বিশ্বাস ও কায়েমী স্বার্থের যূপকাষ্ঠে, কিন্তু বিজ্ঞানের অবলুপ্তি ঘটে নাই। আজও জ্ঞান বিজ্ঞানের অনুশীলন পরিশীলনেই মানবসভ্যতার ধারা অব্যাহত রহিয়াছে। মানুষের বিজ্ঞান চর্চার ইতিহাস কোন বিশেষ দেশ-কাল পাত্রে সীমাবদ্ধ নয়। আদিম অসভ্য যে মানুষ পাথরে পাথরে ঘর্ষণে অত্যন্ত আকস্মিকভাবে অগ্নি আবিষ্কার করে, খাদ্যান্বেষণে বনে জঙ্গলে ঘুরিয়া ঘটনাপরম্পরায় কৃষিবিদ্যা অর্জন করে ; আকস্মিকভাবে কুটির নির্মাণ, ধাতুর ব্যবহার শিখে, মানুষের বিজ্ঞানের ইতিহাসে তাহাদেরও বিরাট অবদান আছে। সেইদিনের সেই আদিম মানুষ বহুমুখী তৎপরতার মধ্যে যে অপরাজেয় মনীষা ও উদ্ভাবনী-শক্তির স্বাক্ষর রাখিয়াছে তাহাতে বিশেষ কোন দেশ বা জাতি বা ব্যক্তি অংশ লয় নাই—সামগ্রিক ভাবেই উহা ঘটিয়াছিল। আজও বিজ্ঞানের বহুবিস্তৃত ক্ষেত্রে অগণিত বিজ্ঞানীর নিরলস গবেষণায় ও নিত্যনূতন আবিষ্কারে দ্রুতলয়ে ও অকল্পনীয়ভাবে পৃথিবীর চেহারার রূপান্তর ঘটিতেছে। তাহার কৃতিত্বের ভাগী ও ফলভোগী কোন একটি দেশ বা জাতি বা ব্যক্তি নয়—সমগ্রভাবে মানবসমাজই সেই আশীর্বাদ লাভে ধন্য হইয়াছে। সেই হিসাবে বিজ্ঞান শুরু হইতেই সার্বজনীন ও বিশ্বমানবের সাধারণ সম্পদ। বিজ্ঞান মানবসভ্যতাকে ধারণ করিয়া আছে ; বিজ্ঞানের কল্যাণে সভ্যতার রূপান্তর ঘটিয়াছে। মানুষের আহারে-বিহারে, চিকিৎসায়, শিল্পে, অশনে-বসনে সর্বত্রই লাগিয়াছে বিজ্ঞানের কল্যাণ স্পর্শ। দ্রুতগামী যানবাহন, বেতার টেলিভিসন প্রভৃতি বিজ্ঞানের নিত্যনূতন আবিষ্কারের অবদানে দূরত্ব ঘুচিয়া গিয়া পৃথিবী যেন হঠাৎ সংকুচিত হইয়াছে এক ক্ষুদ্র গৃহকোণে। ফলে পৃথিবীর দূরতম প্রান্তের মধ্যে চিন্তা-ধারার আদান-প্রদান অলৌকিক ডাকহরকরার মত দ্রুত ঘটিয়া সভ্যতার নিত্যনূতন বিকাশ ঘটাইতেছে। প্রাকৃতিক শক্তির উৎস ক্রমশঃ নিঃশেষ হইয়া আসার পথে। কিন্তু বিজ্ঞান নবতম পারমাণবিক শক্তির আধার আবিষ্কার করিয়া মানুষকে শক্তির অপরিমেয় উৎসের অধিকারী করিয়াছে। কৃত্রিম উপগ্রহের কল্যাণে গ্রহলোকেও পড়িয়াছে মানুষের সদর্প পদক্ষেপ।

বিজ্ঞান কেবল আতুর রুগ্নকে নিরাময় করে নাই, সুস্থ সবল সক্রিয় মানুষকেও হীনবল ও পঙ্গু করিয়াছে। মানুষের বিজ্ঞান অবশ্য কেবল সৃষ্টিই করে নাই, সঙ্গে সঙ্গে ধ্বংসের চরম অভিশাপও বহন করিয়া চলিয়াছে। একদিকে যেমন বন্ধ্যামরুতে ফলাইয়াছে সোনার ফসল, অপরদিকে 'ধন ধান্যে পুষ্পে ভরা' শস্যশ্যামল জনপদকে মুহূর্তেই মারণাস্ত্রের আঘাতে শ্মশানে পরিণত করিয়াছে।

বিজ্ঞানশক্তির উৎকর্ষের চরম নিদর্শন যে পারমাণবিক শক্তি একদিকে যেমন অপরিমেয় সম্ভাবনাময় ভবিষ্যতের আশা জাগায়, অপরদিকে পারমাণবিক ও হাই-

ড্রোজেন বোমা আতঙ্কের বিভীষিকা ডাকিয়া আনে। বিজ্ঞানের অপপ্রয়োগ যে হতাশার চিত্র জাগাইয়া তোলে তাহার দায়িত্ব বিজ্ঞানের নয়—প্রয়োগকারী মানুষের। বিজ্ঞানের চিরন্তন লক্ষ্য সৃষ্টি ও কল্যাণ, ধ্বংস নয়। মানুষের শুভকল্যাণবুদ্ধি প্রসূত বিজ্ঞানের সুষ্ঠু, সুমিত ও সুকুশল প্রয়োগে মানব সভ্যতা পূর্ণ বিকশিত হইবে সৎ ও চেতনাশীল প্রত্যেক বিজ্ঞানীই তাহা একান্তভাবে কামনা করেন।

বিজ্ঞান ও রসায়ন ঃ

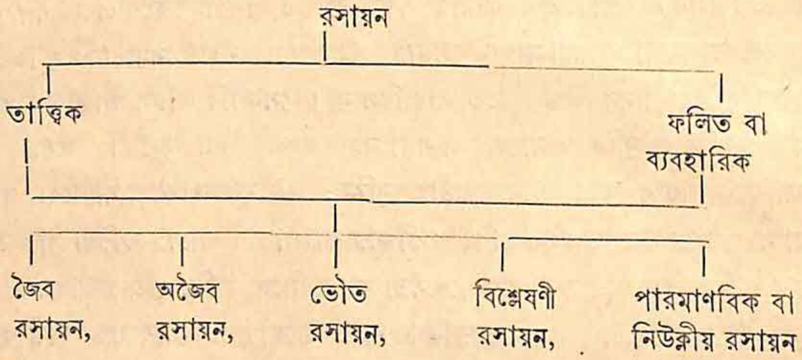
কৌতূহল মানবমনের একটি আদিম প্রবৃত্তি। নিজেকে ও নিজের পারিপার্শ্বিককে জানিবার ও বুঝিবার অদম্য আগ্রহ জ্ঞানোন্মেষের পর হইতেই নানব মনে জাগিয়াছে। নানা প্রশ্নের সমাধান প্রচেষ্টার ফলেই গড়িয়া উঠিয়াছে ধর্ম, দর্শন ও বিজ্ঞান। প্রাকৃতিক ঘটনার সর্বনিয়ন্তা ও নিয়ামকরূপে এক সর্বশক্তিমান বিশ্বদেবতার কল্পনা করিয়া মানুষ তাহার জিজ্ঞাসার সহজ সমাধানও খুঁজিয়াছে। মানুষের যুক্তিবাদী মন কিন্তু ইহাতে সায় দিল না। সে দাবি করিল প্রাকৃতিক ঘটনার প্রমাণ ও যুক্তি। যুক্তি প্রমাণের অনুসন্ধানের ফসল হইল দর্শন। ধর্মের ভিত্তি অলৌকিকে বিশ্বাস আর দর্শনের কঠোর যুক্তি ; এই যুক্তিতর্কের সাহায্যে ঘটনার মীমাংসা তাহার মনঃপুত হইল না। পরীক্ষার কষ্টিপাথরে যাচাই করিয়া যুক্তিতর্কের প্রমাণ ও সিদ্ধান্তের অভ্রান্ততা নিরূপণে সভ্য মানুষ নিজেকে নিয়োজিত করিল। ফলে গড়িয়া উঠিল জিজ্ঞান এবং প্রাকৃতিক রহস্য উন্মোচনের চাবিকাঠি **পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণ**।

প্রাকৃতিক ঘটনাবলীর ব্যাখ্যায় দেবদেবী ও অলৌকিক শক্তির অবতারণা বর্জন, চুলচেরা দার্শনিক যুক্তিজাল ছিন্ন ভিন্ন করিয়া প্রাকৃতিক শক্তিকেই আশ্রয় করিয়া পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণের মাধ্যমে প্রকৃতির নিয়ম অনুসন্ধান, অনুশীলন ও উদ্ভাবনের সিদ্ধান্তই বিজ্ঞানের উদ্ভব ও বিকাশের মূলকথা। এই অনুসন্ধিৎসা প্রতি মুহূর্তেই নিত্য নূতন আবিষ্কারে বিজ্ঞানের সীমাকে বিস্তৃততর করিয়া চলিয়াছে ; নিত্যনূতন ধারণার উত্থান-পতন ঘটিতেছে। সে কারণেই বিজ্ঞানের সীমা নির্দেশ নিতান্তই দুঃসাধ্য। মোটামুটিভাবে বিজ্ঞানের বহুবিস্তৃত ক্ষেত্রকে দুইটি প্রধান শাখায় ভাগ করা যায় ঃ (১) **ভৌত বিজ্ঞান** (Physical Science) ও (২) **জীববিজ্ঞান** (Biological Science)। পদার্থবিদ্যা, রসায়নবিদ্যা, গণিতবিদ্যা, ভূ-বিদ্যা প্রভৃতি ভৌতবিজ্ঞানের পর্যায়ভুক্ত আর প্রাণীবিদ্যা, উদ্ভিদবিদ্যা, শারীরবিদ্যা প্রভৃতি জীবন বিজ্ঞানের অন্তর্ভুক্ত। প্রতি শাখারই আবার নানা উপশাখা রহিয়াছে। বিজ্ঞানের প্রতিটি শাখার আবার দুইটি দিক্—(১) **তাত্ত্বিক** (Theoretical) এবং (২) **ফলিত** বা ব্যবহারিক (Applied)। তাত্ত্বিক

দিক বিজ্ঞানের মৌলতত্ত্ব আলোচনা করে এবং ফলিত দিক বিজ্ঞানের বিভিন্ন তত্ত্বের ব্যবহারিক প্রয়োগের শিক্ষা দান করে। কোন শাখাই স্ব-নির্ভর নয়; পরস্পর সম্বন্ধযুক্ত এবং ইহাদের পারস্পরিক ব্যবধান ক্রমশঃ ঘুচিয়া যাইতেছে।

রসায়ন বিদ্যা :

রসায়নবিদ্যা ভৌত বিজ্ঞানেরই একটি অন্যতম প্রধান শাখা। প্রকৃতপক্ষে রসায়নের সাহায্যেই বিজ্ঞানের অন্যান্য শাখার পরিপুষ্টি ঘটিয়াছে। বিজ্ঞানের প্রতি শাখাই রসায়নের বিশেষ সাহায্য নির্ভর। রসায়নের কাজ বস্তুর গঠন ও গুণাগুন লইয়া। বস্তুর প্রস্তুতি ও ব্যবহার এবং বিভিন্ন প্রকার শক্তির প্রভাবে বস্তুর পরিবর্তন প্রভৃতি রসায়নের আওতাভুক্ত। রসায়নের ক্ষেত্র বিরাট ও বিপুল ; ইহার বহু শাখাপ্রশাখা রহিয়াছে।



[বর্তমানে প্রাণরসায়ন বা বায়োকেমিষ্ট্রী (Bio-Chemistry) নামে রসায়নের একটি নূতন শাখার উদ্ভব হইয়াছে ; স্টেপ্টোমাইসিন, পেনিসিলিন প্রভৃতি অলৌকিক ঔষধ সমূহ প্রাণরসায়নেরই অবদান।]

রসায়নের অবদান :

জীবন ও মানব সভ্যতার উৎকর্ষ সাধনে রসায়নের অবদান অপরিমেয়। অন্ন, বস্ত্র, স্বাস্থ্য—এই মুখ্য সমস্যার চাপে মানব জীবন আজ বিভ্রান্ত। রসায়নের বিবিধ আবিষ্কার মানুষের এই প্রধান সমস্যার বহুলাংশে সমাধান করিয়া মানব জীবনকে করিয়াছে উপভোগ্য, নানা সুষমায় সৌন্দর্যময়। নানা প্রকার কীটনাশক আবিষ্কার করিয়া খাদ্য শস্যের অপচয় নিবারণে, আহার্য্যবস্তুর সংরক্ষণে ও কৃত্রিমভাবে খাদ্যপ্রাণ ভিটামিন প্রস্তুত করিয়া পুষ্টিকর খাদ্যের চাহিদা মিটাইতে মানুষ আজ প্রকৃতির সহিত প্রতিযোগিতায় নামিয়াছে। ম্যালেরিয়ার জন্য কুইনাইন, কালাজ্বরে ইউরিয়া ষ্টিবামিন, হৃদরোগে কার্ডিয়াজল, কোরামিন, যক্ষায় পি. এ. এস. পেনিসিলিন ষ্টেপ্টোমাইসিন, ক্লোরোমাইসিন প্রভৃতি বহু অলৌকিক ঔষধ আবিষ্কার করিয়া

দুরারোগ্য ব্যাধিকে পরাভূত করিয়াছে, অকালমৃত্যুর করাল গ্রাস হইতে মানুষকে দিয়াছে মুক্তি। ব্লিচিং পাউডার, ডি. ডি. টি., ডেটল, মারকিউরোক্রোম ইত্যাদি রোগজীবাণু নাশকের আবিষ্কারে মানব-জীবন হইয়াছে অনেকটা নিরাপদ, জীবনের পরিধি হইয়াছে বর্দ্ধিত। ক্লোরোফর্ম, নেভোকেন ইত্যাদি চেতনাশক জৈব যৌগ প্রস্তুত করিয়া অস্ত্রোপচারের অসহ্য যন্ত্রণাকে করিয়াছে প্রশমিত। মানবদেহের নানাবিধ জটিল রাসায়নিক ক্রিয়া ও উহাদের প্রকৃতি, দেহাভ্যন্তরস্থ বিভিন্ন গ্রন্থি নিঃসৃত রস হর্মোন ইত্যাদি আবিষ্কার করিয়া চিকিৎসা বিজ্ঞানে যুগান্তর আনিয়াছে। বিভিন্ন প্রকৃতির কার্যকরী মূলক-সমন্বিত নানাবিধ জৈব যৌগ সংশ্লেষণ করিয়া দুরারোগ্য ব্যাধি নিরাময়ে প্রয়াসী হইয়াছেন বর্তমানের রসায়নবিদ এবং এই কাজে তাঁহারা অনেকটা সক্ষমও হইয়াছেন।

কৃত্রিম রেশম, সিল্ক ও আধুনিকতম 'নাইলন' নানাভাবে বস্ত্র সমস্যার সমাধানে সাহায্য করিয়াছে। নানা রকমের প্লাষ্টিক উৎপাদন জৈব রসায়নের একটি স্মরণীয় অবদান। ইহার সাহায্যে কত প্রয়োজনই না মানুষ মিটাইতেছে। কৃত্রিম তন্তুজাত পোশাক-পরিচ্ছদ বহুক্ষেত্রেই প্রাকৃতিক উৎসজাত পোশাক অপেক্ষা সুলভ, সুদৃশ্য ও দীর্ঘস্থায়ী।

মানুষের সুখস্বাচ্ছন্দের প্রয়োজনীয় কত বিচিত্র দ্রব্য সম্ভারই না জৈব রসায়নের রসশালাতে প্রস্তুত হইতেছে। কালো কুৎসিৎ আলকাতরার পাতনে প্রস্তুত হইতেছে কতই না উৎকৃষ্ট, চোখজুড়ানো রঙ, মন মাতানো সুগন্ধি ও ঔষধি। কাঠ, বাঁশ ইত্যাদি হইতে প্রস্তুত হইতেছে কাগজ, সেলুলয়েড প্রভৃতি আরও কতই না প্রয়োজনীয় সামগ্রী—কৃত্রিম রবার, কৃত্রিম প্লাষ্টিক, কৃত্রিম রেশম, কৃত্রিম পেট্রোল, উন্নততর গ্যাসোলিন ইত্যাদি সহস্র প্রকারের বস্তুসম্ভার, ভোগবিলাস ও সুখস্বাচ্ছন্দ্যের বিবিধ উপকরণ প্রস্তুত হইতেছে রসায়নবিদদের গবেষণাগারে। এমন কোন ক্ষেত্র নাই বা জীবনযাত্রায় মানুষের প্রয়োজনীয় এমন কোন বস্তু নাই যাহার প্রস্তুতিতে প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে রসায়নের কোন না কোন প্রক্রিয়ার প্রয়োগ হয় না। রসায়ন বিজ্ঞানীর মস্তবড় কৃতিত্ব হইতেছে যে সুলভ ও সাধারণ কাঁচামাল—কোল ও পেট্রোলিয়াম হইতে কৃত্রিম উপায়ে স্বাভাবিক বা তদনুরূপ বা তাহা অপেক্ষা উৎকৃষ্টতর দুর্লভ ও দুষ্প্রাপ্য পদার্থের অপর্যাপ্ত পরিমাণে সৃজন ও মানুষের রূপ-রুচির সন্তোষ সাধন। এক কথায়, রসায়ন অন্ন-বস্ত্র-স্বাস্থ্য-বাসস্থান প্রভৃতি মৌলিক চাহিদা অনেকাংশ মিটাইয়া জীবনযাত্রার মানকে করিয়াছে সহজতর ও উন্নততর। বর্তমানে জীবন-সৃষ্টি রহস্য উদ্ঘাটনের দুরূহ গবেষণায় রসায়ন বিজ্ঞানীরা নিয়োজিত।

জৈব যৌগের আণবিক গঠন কাঠামো ও শারীর বৃত্তীয় ক্রিয়াকলাপের

(Physiological activity) সম্বন্ধ আজও রহস্যাবৃত। এই সম্বন্ধ নিরূপণের দায়িত্ব ভাবীকালের রসায়নবিদদের ; তাহাদের কাছে ইহা একটি মহান চ্যালেঞ্জ।

শিল্পকলার শাখা হিসাবে রসায়নের মূল যদিও সুদূর অতীতে প্রসারিত কিন্তু পরীক্ষা ও নিরীক্ষাকে হাতিয়ার রূপে অবলম্বন করিয়া প্রকৃত বিজ্ঞানের শাখা হিসাবে গড়িয়া উঠিয়াছে প্রায় দুই শতাব্দী আগে মাত্র। এই স্বল্প ব্যবধানে প্রাণী ও উদ্ভিদ ভাণ্ডার হইতে নানাবিধ দ্রব্য আহরণ করিয়া ও রসায়নের গবেষণাগারে সহস্র রকমের বিভিন্ন কৃত্রিম যৌগ প্রস্তুত করিয়া রসায়ন মানব সভ্যতার পরিপুষ্টি ও পরিবর্ধনে প্রভূত সাহায্য করিয়াছে এবং অপরিমেয় সম্ভাবনা লইয়া উন্নতির পথে দ্রুত অগ্রসর হইয়া চলিয়াছে।

দ্বিতীয় অধ্যায়

রসায়ন শাস্ত্র একটি পরীক্ষামূলক বিজ্ঞান

(Chemistry is an experimental Science)

আমাদের চারি পাশের বস্তুজগৎ কি বিশাল ও বিচিত্র! নিজেদের স্বাভাবিক ধর্মে কিংবা নানাবিধ শক্তির প্রভাবে এই বস্তুজগতে অবিরাম নানারকমের পরিবর্তন ঘটিতেছে। পদার্থের গঠন ও গুণাগুণ, তাহাদের প্রস্তুতি ও ব্যবহার এবং উত্তাপ, চাপ প্রভৃতি বিভিন্ন প্রকার শক্তির প্রভাবে তাহাদের বিভিন্ন পরিবর্তনের বৈজ্ঞানিক পর্যালোচনাই 'রসায়ন বিদ্যা'। অন্যান্য বিজ্ঞানের শাখার মত রসায়নেও জ্ঞান লাভের তিনটি স্তর: যথা **পরীক্ষা** (experiment); **পর্যবেক্ষণ** (observation) ও **সিদ্ধান্ত গ্রহণ** (inference)। যেমন:

১। **পরীক্ষা:** একটি বড় কাচের জার অক্সিজেন ভর্তি করিয়া লইয়া উহার মধ্যে একটি জ্বলন্ত বাতি রাখা হইল:

পর্যবেক্ষণ: বাতি খুব উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠিল।

পরীক্ষা কয়েকবার করা হইল। দেখা গেল প্রত্যেকবারই বাতি উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠে। জ্বলন্ত ম্যাগনেসিয়াম, জ্বলন্ত অঙ্গার, ফসফরাস প্রভৃতি লইয়া একই পরীক্ষা করিলে দেখা যায় উহারাও অক্সিজেনে উজ্জ্বলভাবে জ্বলে।

সিদ্ধান্ত: অক্সিজেন বস্তুর দহনে সহায়তা করে।

২। **পরীক্ষা:** একটি লোহার পেরেক আর্দ্র বাতাসে রাখিয়া দেওয়া হইল।

পর্যবেক্ষণ: কিছুদিন বাদে দেখা গেল পেরেকে মরিচা ধরিয়াছে কিন্তু পেরেকটিকে অক্সিজেন-মুক্ত জলে নিমজ্জিত রাখিলে কিংবা সম্পূর্ণ শুষ্ক অবস্থায় বিশুদ্ধ অক্সিজেনে রাখিলে উহাতে মরিচা পড়েনা।

সিদ্ধান্ত: মরিচার জন্য **জল ও অক্সিজেন** উভয়ই দরকার।

এইভাবে পরীক্ষা, পর্যবেক্ষণ, এবং বার বার পরীক্ষা করিয়া বিজ্ঞানীরা একটি সিদ্ধান্তে পৌছান। এই সিদ্ধান্তের উপর আশ্রয় করিয়া নূতন ঘটনার পূর্বাভাস দেন ও তারপরে সেই ঘটনা পরীক্ষা কবিয়া সিদ্ধান্তের সত্যতা সম্বন্ধে নিঃসংশয় হন। পরীক্ষা, পর্যবেক্ষণ ও সিদ্ধান্ত এই তিন স্তরের মাধ্যমে রসায়ন বিজ্ঞানী অগ্রসর হন এবং বহু তথ্যের আবিষ্কারে জ্ঞানের পরিধি উত্তরোত্তর প্রসারিত করেন।

রসায়নের মূল সুদূর অতীতে প্রসারিত হইলেও তখন রসায়ন ছিল শিল্প-কলার নিছক একটি শাখা বিশেষ। পরীক্ষা ও পর্যবেক্ষণকে অবলম্বন করিয়া যথার্থ বিজ্ঞানের

শাখা হিসাবে রসায়ন গড়িয়া উঠে সপ্তদশ শতকে **রবার্ট বয়েলের** সময় হইতে। রবার্ট বয়েল পরীক্ষা-নিরীক্ষামূলক বিজ্ঞানালোচনাকে প্রতিষ্ঠিত করিবার উপর জোর দেন। সেই সময় হইতে ইউরোপের বিভিন্ন মনীষী রসায়নের মৌলিক তথ্য আবিষ্কারে সচেষ্ট হন।

অষ্টাদশ শতাব্দীতে ফ্রান্সে ল্যাভোয়সিয়ে ও বার্থোলেট, ইংলণ্ডে প্রিস্টলে ও ক্যাভেণ্ডিশ, সুইডেনে শীলে প্রভৃতি প্রতিভাধর বিজ্ঞানীরা বহু পরীক্ষা-নিরীক্ষার মাধ্যমে রসায়নের জ্ঞানভাণ্ডার প্রভূতভাবে সমৃদ্ধ করিয়া তোলেন। দহনের প্রকৃত ব্যাখ্যা, বায়ুর মিশ্রগঠন, জড়ের নিত্যতাবাদ প্রভৃতি পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ করিয়া তাঁহারা, বিশেষতঃ **ল্যাভোয়সিয়ে** রসায়নের অনুশীলনে দৃষ্টিভঙ্গির আমূল পরিবর্তন আনেন এবং ধাপে ধাপে রসায়ন আধুনিক বিজ্ঞানে সার্থক পরিণতি লাভ করে। প্রকৃতপক্ষে ল্যাভয়সিয়ে যেদিন (১৭৮৯ খ্রীষ্টাব্দে) দহনের প্রকৃত স্বরূপ উদ্ঘাটন করিলেন, সেই দিনই শুরু হইল বৈজ্ঞানিক রসায়নের যুগ ; সেই হিসাবে তাঁহাকে আধুনিক রসায়নের জন্মদাতা বলা হয়। অতি অল্পকালের মধ্যেই বৈজ্ঞানিক পদ্ধতি অবলম্বনে অভাবনীয় ও বিস্ময়কর উন্নতি ঘটে। আজও পরীক্ষা-নিরীক্ষার ধারা রসায়নে অব্যাহত।

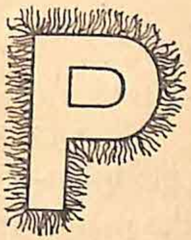
রসায়নের কয়েকটি চমকপ্রদ পরীক্ষা : (i) শুষ্ক আয়োডিন ও শুষ্ক অ্যালুমিনিয়ামের গুঁড়া একত্রে মিশাইয়া মিশ্রণটিকে একটি ফ্লাস্কে রাখ। মিশ্রণে কয়েক ফোঁটা জল দিয়া ঝাঁকাইয়া ফ্লাস্কটিকে টেবিলের উপর স্থাপন কর। কিছুক্ষণ পরেই ফ্লাস্ক বেগুনী ধোঁয়ায় ভর্তি হইবে এবং মাঝে মাঝে আলোর ফুলকি দেখা যাইবে।

(ii) কিছু শুষ্ক আবরণ অক্সাইড চূর্ণ ও অ্যালুমিনিয়াম চূর্ণ ভাল রূপে মিশাইয়া মিশ্রণটিকে একটি বেসিনে স্তূপাকারে রাখ। স্তূপের উপর রাখ একটু শুষ্ক পটাশিয়াম ক্লোরেট। পাঠকাঠি জ্বালাইয়া উহাতে আগুন ধরাইয়া দাও। স্তূপটি উজ্জ্বলভাবে জ্বলিয়া উঠিবে এবং চারিদিকে আগুনের ফুল্‌কি ছড়াইয়া পড়িবে।

(iii) মার্কারি থায়োসায়ানেটের সহিত কয়েক ফোঁটা আঠা মিশাইয়া লেই কর। লেই হইতে কয়েকটি ছোট ছোট বড়ি তৈয়ারী কর। বড়িগুলিকে শুকাইয়া লও। শুষ্ক বড়িতে আগুন ধরাইয়া দিলে বড়িটি সাপের মত কুণ্ডলী পাকাইয়া উঠে।

(iv) জলের নীচে আগুন (Fire under water) : একটি পাত্রে গরম জলের (60°C) নীচে কিছু শ্বেত ফসফরাস লও (এই উষ্ণতায় ফসফরাস গলিয়া যায়)। অক্সিজেন সিলিণ্ডার হইতে নল দিয়া গলিত ফসফরাসের উপর অক্সিজেন গ্যাস চালনা কর। ফসফরাস জলের নীচে জ্বলিতে থাকিবে।

(v) **আগুনের অক্ষর ঃ** একটি পরীক্ষা নলে কার্বনডাইসালফাইড লইয়া উহাতে সামান্য শ্বেত ফসফরাস দ্রবীভূত কর। তুলা জড়ানো একটি কাঠি এই দ্রবণে ডুবাইয়া একটি কাগজের উপর এই দ্রবণের সাহায্যে P অক্ষর লিখিয়া রাখ। অল্পক্ষণের মধ্যেই অক্ষরের জায়গার কার্বনডাইসালফাইড উড়িয়া গেলে অবশিষ্ট ফসফরাসে আগুন ধরে এবং অক্ষরটির কাগজ পুড়িয়া যায় (চিত্র, ১)


চিত্র ১ঃ আগুনের অক্ষর

(vi) অ্যামেনিয়া ও ফিনল্‌পথ্যালিন দ্রবণ উভয়ই বর্ণহীন। এই বর্ণহীন দ্রবণ দুইটির সামান্য অংশ লইয়া একত্রে মিশাও। মিশ্রণটি লাল বর্ণ ধারণ করিবে। এই লাল রং সাদা জামা কাপড়ে ছিটাইয়া দাও—জামাকাপড় লাল হইয়া যাইবে। কিছুক্ষণের মধ্যেই অ্যামোনিয়া উবিয়া গেলে জামাকাপড়ের পূর্বের রং (সাদা) ফিরিয়া আসে।

এই পরীক্ষাগুলি কি চমৎকার! ইহারা আকস্মিকভাবে ঘটেনা—ইহাদের ভিতর কার্য-কারণ সম্পর্ক রহিয়াছে; কারণগুলি পরে জানিতে পারিবে। এই রকম বিস্ময়কর বহু বিচিত্র পরীক্ষা রসায়নাগারে আরও দেখিবে।

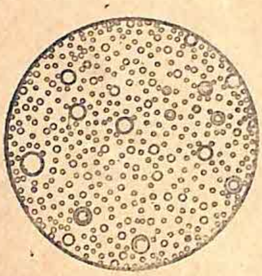
তৃতীয় অধ্যায়

মৌলিক, যৌগিক ও মিশ্র পদার্থ

(Elements, Compounds and Mixtures)

পদার্থ ও শক্তি লইয়াই এই নিখিল বিশ্ব ; প্রকৃতির যত ঘটনা, তাহার সবই পদার্থ ও শক্তির ক্রিয়া-প্রতিক্রিয়ার ফল। আমাদের চারিপাশের বস্তুজগৎ কি বিশাল ও বিচিত্র ! কত বস্তুরই না ছড়াছড়ি ! জল, মাটি বাতাস, পাথর-পাহাড়, প্রাণী, অন্ন-বস্ত্র, বাসস্থান-গ্রহ-উপগ্রহ ইত্যাদি—এই সবই বিভিন্ন রকমের পদার্থ। অধিকাংশ বস্তুই অসমসত্ব (heterogeneous) তবে সমসত্ব (homogeneous) বস্তুর সংখ্যাও নেহাৎ কম নয়। যে বস্তুর গঠন সংযুতি (composition) ভিন্ন ভিন্ন অংশে ভিন্ন ভিন্ন, কাজেই বিভিন্ন অংশে বিভিন্ন ধর্ম প্রকাশ করে, তাহাকে **অসমসত্ব** পদার্থ বলে। যেমন মাটি, নদীর জল ইত্যাদি। নদীর জলকে একটি গ্লাসে কিছুক্ষণ রাখিয়া দিলে গ্লাসের নীচে ও উপরের অংশের জলে মাটি ও জলের অনুপাতের তারতম্য স্পষ্ট বুঝা যায়। অতএব নদীর জল **অসমসত্ব**। আর বস্তুর গঠন সংযুতি যদি সর্বাংশে এক ও অভিন্ন হয় ; সুতরাং সর্বত্র একই ধর্ম প্রকাশ পায় তবে তাহাকে **সমসত্ব পদার্থ** বলে। যেমন বায়ু, পাতিত জল (distilled water) ইত্যাদি।

অসমসত্ব বস্তু মাত্রই একাধিক বস্তুর সংমিশ্রণ ; যে উপাদানটির পরিমাণ বস্তুতে বেশী থাকে, বস্তুটি সেই নামেই অভিহিত হয় ; অন্যান্য উপাদানগুলিকে কলুষ পদার্থ বা অবিশুদ্ধি (impurities) বলিয়া গণ্য করা হয়। সমসত্ব বস্তুও একাধিক বস্তুর মিশ্রণে গঠিত হইতে পারে, যেমন চিনি বা লবণের দ্রবণ, পিতল ইত্যাদি। দুধ, রক্ত প্রভৃতি আপাতদৃষ্টিতে সমসত্ব মনে হইলেও উহারা আসলে কতিপয় বিভিন্ন পদার্থের মিশ্রণ। অনুবীক্ষণ যন্ত্রে দেখা গিয়াছে যে রক্ত একটি বর্ণহীন তরলে ভাসমান শ্বেত ও লোহিত কণিকার মিশ্রণ। দুধে মিশিয়া রহিয়াছে প্রোটিন, শর্করা, স্নেহ ও লবণ জাতীয় পদার্থ। যে সমস্ত পদার্থ একটি মাত্র উপাদানে গঠিত অর্থাৎ যাহাতে সেই বস্তু বাদে অন্য কিছু বর্তমান নাই তাহাকে বিশুদ্ধ পদার্থ (Pure substance) বলে। বিশুদ্ধ পদার্থ দুই শ্রেণীর (i) **মৌলিক** (Elementary substance or element) ও (ii) **যৌগিক** (Compound substance or compound)। ফরাসী বিজ্ঞানী



চিত্র, ২—অণুবীক্ষণ যন্ত্রে দুধের উপাদান

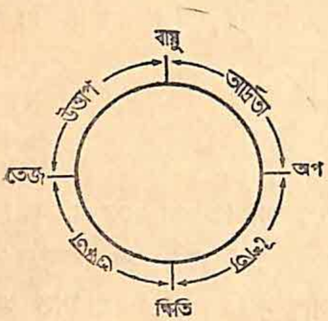
ল্যাভয়সিয়ে প্রথম মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের সংজ্ঞা দেন। তখন পর্যন্ত (1789 খৃষ্টাব্দ) তিনি মাত্র 33টি মৌলিক পদার্থ লিপিবদ্ধ করেন; তন্মধ্যে 11টি মৌলের প্রস্তুতি তখনও সম্ভব হয় নাই তবে তাহাদের মৌলিকত্ব সম্বন্ধে তিনি নিঃসন্দেহ ছিলেন।

মৌলিক পদার্থ বা মৌল ঃ

এক টুকরা লৌহকে ক্ষুদ্র হইতে ক্ষুদ্রতর অংশে ক্রমাগত ভাঙ্গিতে থাকিলে যত ক্ষুদ্র অংশেই ইহাকে বিভক্ত করা যাকনা কেন ইহাকে লৌহ ছাড়া অন্য কিছুতে ভাগ করা যাইবে না। উত্তাপে বা অ্যাসিড সংযোগে লৌহ নূতন পদার্থে পরিণত হইয়া যায় বটে, কিন্তু নূতন পদার্থেরও অংশ হিসাবে লৌহ থাকিয়া যায়। কোন রাসায়নিক প্রক্রিয়াতেই লৌহকে সরলতর কোন পদার্থে বিভাজিত বা রূপান্তরিত করা যায়না। **যে পদার্থকে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ভাঙ্গিয়া উহা হইতে পৃথক ধর্মবিশিষ্ট অন্য কোন পদার্থ পাওয়া যায় না তাহাকে মৌলিক পদার্থ বলে।** বিজ্ঞানী বয়েলের (Boyle) মতে মৌলিক পদার্থ রাসায়সিক বিশ্লেষণের সর্বশেষ সীমা ও রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ইহাদের বিযোজন অসাধ্য। বর্তমানে জটিল ভৌত প্রক্রিয়ায় মৌলিক পদার্থের পরমাণুর কেন্দ্রকের বিদ্যুৎ আধান বদল করিয়া একটি মৌলকে অপর একটি মৌলে রূপায়ন সম্ভব হইয়াছে। আজকাল অবশ্য বলা চলেনা যে মৌলিক পদার্থকে ক্ষুদ্রতর ভারের কোন পৃথক পদার্থে ভাঙ্গা যায় না। কারণ মৌলের পরমাণু ভাঙ্গিয়াই ইলেকট্রন, প্রোটন, নিউট্রন এই তিন রকমের প্রাথমিক ক্ষুদ্রতর কণিকা পাওয়া যায়। কাজেই মৌলের আধুনিক সংজ্ঞায় বলা চলে, মৌলিক পদার্থ এমন পদার্থ যাহা একই রকমের পরমাণু দ্বারা গঠিত এবং পরমাণুর কেন্দ্রকে একই পরিমাণ বিদ্যুৎ আধান (same nuclear charge) বহন করে। আজ পর্যন্ত 105টি মৌলের সন্ধান পাওয়া গিয়াছে তন্মধ্যে 89টি প্রকৃতিতে অবস্থান করে; বাকিগুলি কৃত্রিম উপায়ে সৃষ্টি। ইহারা অত্যন্ত অস্থায়ী ও স্বতঃ ভঙ্গুর। ইউরেনিয়ামের পরবর্তী মৌলদের বলা হয় ইউরেনিয়ামোত্তর মৌল (transuranium elements)। আরও মৌলিক পদার্থের প্রস্তুতির গবেষণা অব্যাহত চলিতেছে। [টেক্‌নিসিয়াম (Technetium, Tc), প্রমেথিয়াম (Promethium, Pr), ফ্রান্‌সিয়াম (Francium, Fr) প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না।]

প্রাচীন মণীষীরা মনে করিতেন যে বিশ্বের মূল পদার্থ মাত্র পাঁচটি—পঞ্চভূত। যথা—ক্ষিতি (মাটি); অপ (জল); তেজ (শক্তি); মরুৎ (বায়ু), ব্যোম (আকাশ)। গ্রীক পণ্ডিতগণের মতে মূল পদার্থ মাত্র চারটি। যথা—মাটি(earth),

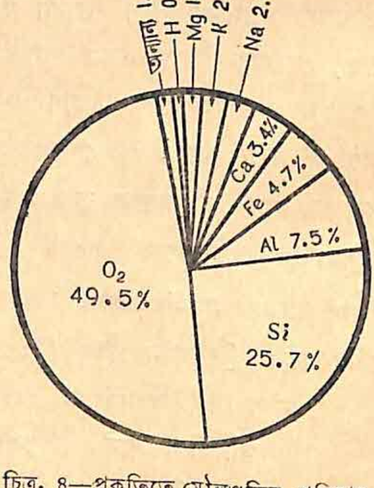
বায়ু (air), জল (water) ও আগুন (fire)। গ্রীক দার্শনিক অ্যারিষ্টটল মনে করিতেন যে এই চারিটি মূল পদার্থের সংযোগ, বিয়োগ এবং উহাদের পরিমাণের হ্রাসবৃদ্ধিতে নিখিল বিশ্বের যাবতীয় বস্তুর ধর্মাবলী প্রকাশ পায়। বর্তমানে প্রমাণিত হইয়াছে যে মাটি ও জল যৌগিক পদার্থ; বায়ু কয়েকটী গ্যাসের মিশ্রণ। তেজ বা শক্তি পদার্থেরই একটি বিশেষ রূপ।



চিত্র, ৩—অ্যারিষ্টটলের মৌল

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি এগারটি মৌলিক গ্যাসীয়; ব্রোমিন, গ্যালিয়াম, সিজিয়াম, পারদ—এই চারটি তরল আর সব কঠিন। অধিকাংশ মৌলই যৌগিক অবস্থায় প্রকৃতিতে অবস্থান করে; পঁচিশ-ত্রিশটি মৌল মাত্র মুক্ত অবস্থায় থাকে। অক্সিজেন, সিলিকন, নাইট্রোজেন, অ্যালুমিনিয়াম, লোহ প্রভৃতি খুব বেশী পরিমাণে পৃথিবীতে ছড়াইয়া আছে; পক্ষান্তরে রেডিয়াম, ক্রিপ্‌টন, ট্রিটিয়াম প্রভৃতির পরিমাণ নিতান্তই স্বল্প। প্রকৃতিলব্ধ মৌলদের মধ্যে হাইড্রোজেন সবচেয়ে হাল্‌কা, এবং ইউরেনিয়াম সবচেয়ে ভারী।

মৌলগুলিকে ধাতু (metal) ও অধাতু (non-metal) এই দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়। ধাতুরা তাপ ও তড়িৎ পরিবাহী, উজ্জ্বল দ্যুতি সম্পন্ন; উহাদের প্রসার্যতা, ঘাতসহতা, দৃঢ়তা প্রভৃতি বিশেষ গুণ আছে। অপর পক্ষে অধাতু সমূহ তাপ ও তড়িৎ পরিবহণ করে না। প্রসার্যতা, ঘাতসহতা দৃঢ়তা প্রভৃতি গুণ উহাদের নাই বলিলেই চলে। সোনা, রূপা, লোহা প্রভৃতি ধাতু।



চিত্র, ৪—প্রকৃতিতে মৌলগুলির পরিমাণ

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, ক্লোরিন প্রভৃতি অধাতু। আবার এমন কিছু কিছু মৌল আছে যাহাদের ধর্ম কিছুটা ধাতুগুণ সম্পন্ন, কিছুটা অধাতুগুণ সম্পন্ন অর্থাৎ উভয়েরই ধর্ম তাহাদের মধ্যে কিয়ৎ পরিমাণে বিদ্যমান। এই সব মৌলদের বলা হয় ধাতুকল্প বা উপধাতু (metalloid), যেমন আর্সেনিক, অ্যান্টিমণি।

মৌলগুলিকে রাসায়নিক বর্ণমালারূপে (chemical alphabets) গণ্য করা যায়।

উহারা পরস্পর নানারকমে রাসায়নিকভাবে মিলিত হইয়া লক্ষ লক্ষ যৌগ গঠন করিয়াছে। (প্রতি দিন গড়ে প্রায় ২০০টি করিয়া যৌগ আবিষ্কৃত বা সংশ্লেশিত হইতেছে)। মুখ্যতঃ মাত্র দশ-বারটি মৌল প্রায় সব যৌগ সৃষ্টিতে অংশ গ্রহণ করিয়াছে। মৌলের তালিকায় কার্বন মৌলটির একটি বিশেষ স্থান আছে। হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সহিত সংযোগে এক মাত্র কার্বন মৌলটি একা যত যৌগ সৃষ্টি করিয়াছে তাহার সংখ্যা বাকী সব কয়টি মৌল দ্বারা গঠিত যোগের সম্মিলিত সংখ্যা অপেক্ষা অনেক গুণ বেশী।

* যৌগিক পদার্থ বা যৌগ ঃ

অধিকাংশ বস্তুকেই সরলতর পদার্থে বিশ্লিষ্ট করা যায়। সামান্য অ্যাসিডযুক্ত জলের মধ্য দিয়া তড়িৎ পরিচালনা করিলে জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হয়। গলিত খাদ্যলবণ তড়িৎ বিশ্লেষণে সোডিয়াম ও ক্লোরিন গ্যাসে বিযোজিত হয়। উত্তাপে খড়িমাটি চুন ও কার্বন-ডাই-অক্সাইডে বিযোজিত হয়। চিনির বিশ্লেষণে পাওয়া যায় কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন। জল, লবণ, চিনি, খড়িমাটির ধর্ম উহাদের উপাদান সমূহের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ পৃথক। অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন উভয়েই বর্ণহীন, গন্ধহীন, গ্যাস; অক্সিজেন নিজে জলে না, কিন্তু জলিতে সাহায্য করে; অপর পক্ষে হাইড্রোজেন নিজে জলে, কিন্তু জলিতে সাহায্য করে না। হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সমবায়ে সৃষ্ট জল বর্ণহীন, গন্ধহীন, একটি তরল পদার্থ; নিজে জলে না, আবার জলিতেও সাহায্য করে না। জলের ধর্ম গ্যাস দুইটির ধর্ম হইতে একেবারে আলাদা। যৌগিকের ধর্ম উহার গঠনকারী মৌলের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ আলাদা অর্থাৎ মৌলের অণুর সম্পূর্ণ রূপান্তর ঘটিয়া যৌগিকের অণু সৃষ্টি হয়।

প্রায়ই বলিতে শোনা যায় যে জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন আছে এই কথাটি সম্পূর্ণ ভুল। বলা উচিত জল হাইড্রোজন ও অক্সিজেন পরমাণু-সংযোগ প্রস্তুত জলের অণুর সমষ্টি। নীচে কয়েকটি অতি সাধারণ যৌগ ও তাহাদের গঠনকারী মৌলের একটি তালিকা দেওয়া হইল ঃ—

যৌগ	মৌল সমূহ	যৌগ	মৌল সমূহ
জল ঃ	হাইড্রোজেন. অক্সিজেন	তুঁতে ঃ	কপার, সালফার, অক্সিজেন
খাদ্যলবণ ঃ	সোডিয়াম, ক্লোরিন	হিরাকষ ঃ	আয়রন, সালফার, অক্সিজেন
চিনি ঃ	কার্বন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন	অয়েল অব ভিট্রিয়ল ঃ	হাইড্রোজেন, সালফার, অক্সিজেন
মার্বেল ঃ	ক্যালসিয়াম, কার্বন, অক্সিজেন	সোরা ঃ	পটাশিয়াম, নাইট্রোজেন, অক্সিজেন
বালি ঃ	সিলিকন, অক্সিজেন	কাদামাটি ঃ	অ্যালুমিনিয়াম, সিলিকন, অক্সিজেন, হাইড্রোজেন

[লক্ষ্য করিবার বিষয় যে অক্সিজেন প্রায় সার্বজনীন ভাবেই যৌগে থাকে। প্রাচুর্যের বিচারে মৌলদের তালিকায় অক্সিজেনের স্থান শীর্ষে।]

অতএব, **যে পদার্থ বিশ্লেষণের ফলে দুই বা ততোধিক বিভিন্ন পদার্থে বিশ্লিষ্ট হইয়া যায় কিংবা অন্য কথায়, দুই বা ততোধিক বিভিন্ন পদার্থের নির্দিষ্ট ওজন বা আয়তনের অনুপাতে রাসায়নিক সংযোগে যে নূতন পদার্থ সৃষ্ট হয় তাহাকে যৌগিক পদার্থ বলে।**

কিছু লৌহ ও গন্ধক চূর্ণ (4 ভাগ ওজনের গন্ধক ও 7 ভাগ ওজনের লৌহচূর্ণ) একটি খলে উত্তমরূপে একত্রে মিশাইয়া মিশ্রটিকে একটি পরীক্ষানলে লইয়া উত্তপ্ত করিলে দেখা যাইবে যে (১) মিশ্রটি প্রচুর তাপ সৃষ্টি করিয়া জলিয়া উঠে এবং শেষে একটি ধূসর বর্ণের শক্ত পদার্থ পড়িয়া থাকে। উহার রং ধূসর—কালো, লৌহ ও গন্ধকের রঙ হইতে সম্পূর্ণ আলাদা। লেন্সের সাহায্যে লৌহ ও গন্ধকের পার্থক্য ও পৃথক অস্তিত্ব চিনিবার উপায় নাই। উহারা মিলিয়া মিশিয়া একাকার হইয়া গিয়াছে এবং সবটাই একটি নূতন পদার্থ।' চুম্বক দ্বারা এখন লৌহ চূর্ণ আকৃষ্ট হইবে না, গন্ধকও কার্বনডাইসালফাইডে দ্রব হইবে না। এই কালো কঠিন পদার্থে হাইড্রোক্লোরিক বা সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে পচা ডিমের গন্ধ যুক্ত এক প্রকার গ্যাস উদ্ভূত হইবে। গন্ধক 113°C-এ লৌহ 1535°C-এ গলে কিন্তু কঠিন কালো পদার্থটির গলনাঙ্ক 1193°C, সুতরাং এই ক্ষেত্রে পদার্থটি লৌহ ও গন্ধকের মিশ্র নহে। উত্তাপের ফলে লৌহ ও গন্ধক রাসায়নিক সংযোগে একটি নূতন পদার্থ উৎপন্ন করিয়াছে যাহাতে লৌহ ও গন্ধকের নিজ নিজ ধর্ম লোপ পাইয়াছে এবং পদার্থটির ধর্ম লৌহ ও গন্ধকের ধর্ম হইতে সম্পূর্ণ আলাদা। এই নূতন পদার্থটি একটি যৌগিক পদার্থ ; উহার নাম আয়রন সালফাইড, (সংকেত, FeS) এবং যে প্রক্রিয়ায় ইহার সৃষ্টি হইল তাহার নাম রাসায়নিক সংযোগ। আয়রন সালফাইড যৌগে লৌহ ও গন্ধক উভয়েরই অণু পরিবর্তিত হইয়া নূতন অণুর (আয়রন সালফাইডের অণু) সৃষ্টি হইল।

যৌগিকের বৈশিষ্ট্য : (১) যৌগিক পদার্থে উপাদানগুলির ধর্ম একেবারে লোপ পায় এবং নূতন ধর্মবিশিষ্ট পদার্থের সৃষ্টি হয়। উপাদান গুলির অণু পরিবর্তিত হইয়া নূতন অণুর সৃষ্টি হয়। (২) উপাদানগুলি একেবারে নির্দিষ্ট পরিমাণে বর্তমান থাকে ; ইহাদের মাত্রার একতিল তারতম্য ঘটে না, (৩) উপাদানগুলিকে সহজে পৃথক করা যায় না ; কোন-কোন ক্ষেত্রে একেবারে অসম্ভবও বটে। (৪) যৌগিক পদার্থ উৎপাদন কালে তাপের পরিবর্তন অবশ্যই ঘটিবে : হয় তাপ শোষিত হইবে না হয় তাপের উদ্ভব হইবে। (৫) যৌগিকের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক নির্দিষ্ট।

সামান্য মিশ্র বা মিশ্র (Mechanical mixture or Mixture) ঃ

চিনি একটি মিষ্ট স্বাদযুক্ত সাদা দানাদার কঠিন পদার্থ, উহা জলে দ্রবীভূত হয়। বালি একটি বর্ণহীন, স্বাদহীন, অনিয়তাকার সাদা পদার্থ ঃ উহা জলে দ্রব হয় না। বালি ও চিনি একত্রে মিশাইয়া মিশ্রটি মুখে দিলে উহা কিচ্ কিচ্ করে কিন্তু চিনির মিষ্ট স্বাদ বুঝিতে কষ্ট হয় না। মিশ্রে খানিকটা জল দিয়া নাড়িলে চিনি দ্রব হইয়া যায়। বালি নীচে পড়িয়া থাকে। এইবার ফিল্টার কাগজের সাহায্যে ছাঁকিয়া লইলেই বালি হইতে চিনিকে পৃথক করা যাইবে। এইভাবে বালি ও চিনি মিশাইয়া যাহা পাওয়া যায় এবং যাহাতে চিনি ও বালি উভয়েরই ধর্ম বজায় থাকে, তাহাই হইতেছে **মিশ্র পদার্থ**।

লৌহ ও গন্ধক উভয়েই কঠিন পদার্থ ; লৌহের রঙ ধূসর, গন্ধকের হলুদ। লৌহ চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়, গন্ধক হয় না। গন্ধক কার্বন ডাই সালফাইডে দ্রবীভূত হয় ; লৌহ অ্যাসিডে (HCl or H_2SO_4) গলিয়া যায় এবং হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। খানিকটা লৌহ চূর্ণ গন্ধকচূর্ণ একসঙ্গে মিশাইলে দেখা যাইবে যে (১) মিশ্রিত পদার্থের বর্ণ, লৌহ ও গন্ধকের মাঝামাঝি। (২) লেন্সের সাহায্যে দেখা যাইবে যে (৩) উহাতে লৌহ ও গন্ধকের গুঁড়া পাশাপাশি রহিয়াছে, মিলিয়া মিশিয়া একাকার হইয়া যায় নাই। (৪) উহার উপর দিয়া একটি চুম্বক আস্তে আস্তে টানিয়া লইলে লোহার গুঁড়া চুম্বকে লাগিয়া উঠিয়া আসিবে এবং গন্ধক পড়িয়া থাকিবে। (৫) একটি পরীক্ষা নলে মিশ্র পদার্থটি রাখিয়া উহাতে কার্বনডাইসালফাইড ঢালিয়া নাড়িতে থাকিলে গন্ধক দ্রব হইয়া যায় ; লৌহ হয় না এবং পরিস্রাবণ (filtration) প্রক্রিয়ার সাহায্যে দ্রবণ হইতে লৌহচূর্ণকে পৃথক করা যায়। (৬) মিশ্রটিকে লঘু হাইড্রোক্লোরিক ও সালফিউরিক অ্যাসিড দিলে হাইড্রোজেন গ্যাস নিষ্ক্রান্ত হইবে এবং ক্রমে ক্রমে লৌহ অ্যাসিডে অদৃশ্য হইয়া যাইবে কিন্তু গন্ধক অবিকৃত থাকিবে। (৭) মিশ্র পদার্থটি প্রস্তুতিকালে তাপের কোন পরিবর্তন ঘটে নাই। অর্থাৎ লৌহ ও গন্ধকের মিশ্রণে উভয়েরই ধর্ম অক্ষুণ্ণ থাকে। মিশ্রণের ধর্ম প্রকৃতপক্ষে উপাদানগুলির ধর্মেরই সমষ্টিমাত্র। (৮) লৌহ ও গন্ধককে যে কোন অনুপাতে মিশানো যায়। অতএব **দুই বা ততোধিক পদার্থ নিজ নিজ ধর্ম বজায় রাখিয়া যদি একসঙ্গে সাধারণভাবে যে কোন অনুপাতে মিশিয়া পাশাপাশি অবস্থান করে এবং মিশ্রিত উপাদানগুলিকে সহজে পৃথক করা যায়, তাহা হইলে যে পদার্থ পাওয়া যায় তাহাকে সামান্য মিশ্র বা মিশ্র বলে।**

মিশ্রের বৈশিষ্ট ঃ (i) মিশ্রে উপাদানগুলির ধর্ম অবিকৃত থাকে। (ii) উপাদানসমূহ ওজনের যে কোন অনুপাতে মিশিতে পারে। (iii) উপাদান-

গুলির একটি হইতে অপরটিকে সহজেই পৃথক করা যায়। (iv) মিশ্রের প্রস্তুত কালে তাপের কোন তারতম্য সাধারণতঃ ঘটে না। (v) মিশ্রের কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক নাই।

প্রাক্ তাপ ও তাপোত্তর গন্ধক ও লৌহচূর্ণের ধর্মের তুলনা ঃ

পরীক্ষা	লৌহ	গন্ধক	তাপ প্রয়োগের আগে লৌহ ও গন্ধকের একটি সাধারণ মিশ্রণ	তাপ প্রয়োগের পরে লৌহ ও গন্ধকের রাসায়নিক মিলনে উৎপন্ন আয়রণ সালফাইড যৌগ
রঙ	ধূসর	হলুদ	ধূসর ও হলুদ উভয়েরই মাঝামাঝি রঙ	ধূসর-কালো
চুম্বকের প্রভাব	চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয়	কোন প্রকার আকর্ষণ দেখা যায় না	মিশ্রণ হইতে লৌহ চূর্ণ চুম্বকে আকৃষ্ট হইয়া পৃথক হইয়া আসে গন্ধক পড়িয়া থাকে	কোন প্রভাব নাই
কার্বন ডাই-সালফাইডের প্রভাব	কোন প্রভাব নাই	দ্রব হইয়া যায়	মিশ্রণ হইতে গন্ধক দ্রব হইয়া যায় ; লৌহচূর্ণ পড়িয়া থাকে	কোন প্রভাব নাই
লঘু অ্যাসিড (HCl বা H_2SO_4) যোগ করা হইল	অ্যাসিডে লৌহ অদৃশ্য হইয়া যায় এবং হাই-ড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়	কোন পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয় না।	লৌহচূর্ণ অ্যাসিডে অদৃশ্য হইয়া যায় ; হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত হয়। গন্ধক অপরিবর্তিত থাকিয়া যায়।	পচা ডিমের মত দুর্গন্ধযুক্ত গ্যাস নির্গত হয়।

মিশ্র ও যৌগের মধ্যে তুলনা ঃ

মিশ্র পদার্থ	যৌগিক পদার্থ
1. উপাদান সমূহের পৃথক অস্তিত্ব ও নিজ নিজ ধর্ম বজায় থাকে। কোন নূতন অণু অর্থাৎ নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয় না ; উপাদান সমূহের অণু অবিকৃত থাকে।	1. উপাদান সমূহের নিজ নিজ ধর্ম লোপ পাইয়া একেবারে বিভিন্ন ধর্ম বিশিষ্ট নূতন পদার্থের সৃষ্টি হয়। উপাদান সমূহের অণু সম্পূর্ণ বদল হইয়া নূতন অণু সৃষ্টি হয়। উপাদান সমূহের অণুস্থিত পরমাণু নূতনভাবে পরিবিন্যস্ত হইয়া যৌগিকের অণু সৃষ্টি করে।
2. উপাদান সমূহ ওজনের যে কোন অনুপাতে থাকিতে পারে।	2. উপাদানসমূহ সর্বদা নির্দিষ্ট অনুপাতে বর্তমান থাকে।
3. উপাদান সমূহকে সহজে যান্ত্রিক পদ্ধতিতে পৃথক করা যায়।	3. উপাদানসমূহকে সহজে পৃথক করা যায় না ; কোন কোন ক্ষেত্রে অসম্ভবও।
4. উপাদানগুলিকে মিশানোর কালে সাধারণভাবে তাপের কোন বিনিময় হয় না।	4. যৌগ গঠন কালে তাপের বিনিময় অবশ্যই ঘটিবে। হয় তাপ শোষিত হইবে না হয় তাপের উদ্গীরণ হইবে।
5. মিশ্রণ সমসত্ব বা অসমসত্ব হইতে পারে ; অধিকাংশ ক্ষেত্রেই অসমসত্ব।	5. যৌগ সব সময় সমসত্ব।
6. মিশ্রের কোন নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক বা স্ফুটনাঙ্ক নাই।	6. যৌগের গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক সুনির্দিষ্ট।

অনুশীলনী

১। খাদ্য, বাসস্থান ও স্বাস্থ্য রক্ষায় রসায়নের ভূমিকা সম্বন্ধে একটি সংক্ষিপ্ত নিবন্ধ রচনা কর।

২। "রসায়ন একটি পরীক্ষা মূলক বিজ্ঞান" কয়েকটি পরীক্ষা দ্বারা প্রমাণ কর।

৩। মিশ্র ও যৌগিক পদার্থের সংজ্ঞা লিখ ও উহাদের পার্থক্য আলোচনা কর।

৪। "জলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন বর্তমান" এবং জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন হইতে গঠিত' —বিবৃতি দুইটির আলোচনা কর।

৫। 'জল একটি যৌগিক পদার্থ'—উহার সমর্থনে যুক্তি দেখাও।

৬। বায়ু মিশ্র না যৌগিক পদার্থ? তোমার উত্তরের স্বপক্ষে যুক্তি দেখাও।

৭। বায়ু ও নাইট্রাস অক্সাইড উভয়েই একটি সাধারণ উপাদান রহিয়াছে। সেই উপাদানটি কি? প্রমাণ কর যে ইহাদের একটিতে উপাদানটি সাধারণ মিশ্ররূপে অপরটিতে যৌগিকরূপে বর্তমান।

৮। নীচের পদার্থগুলির মধ্যে কোন্‌টি যৌগিক, কোন্‌টি মৌলিক? কারণ সহ উত্তর দাও:
(i) বালি, (ii) তুঁতে, (iii) মার্কারি, (iv) লবণ।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

রাসায়নিক সংযোগসূত্র সমূহ ঃ মাত্রামিতি ঃ ডাল্টনের পরমাণুবাদ ঃ পারমাণবিক ভার ঃ পরমাণুবাদের সমালোচনা।

[Laws of Chemical Combinations or Stoicheiometry : Daltons's Atomic Theory. Atomic Weight, Atomic Theory—a critical study)

রাসায়নিক পরিবর্তন মাত্রই কতকগুলি নিয়ম বা বিধি মানিয়া চলে। কোন অবস্থায়ই এই নিয়মের ব্যতিক্রম হয় না। এই নিয়মগুলিই রাসায়নিক সংযোগ বিধি বা সূত্র (Laws of Chemical combination or Stoicheiometry.)।

Stoicheiometry শব্দটি গ্রীক শব্দ Stoicheion হইতে উদ্ভূত—যাহার অর্থ মৌল (element), সূক্ষ্ম বিচারে ইহা মৌলের যোজনভার (combining quantities) নিরূপণকে বুঝায়।

রাসায়নিক সংযোগ-সূত্র সমূহ বা মাত্রামিতি ঃ

রাসায়নিক সংযোগ সূত্র পাঁচটি। এই পাঁচটি সূত্রের মধ্যে চারিটি ওজন সম্পর্কিত অর্থাৎ পদার্থের ওজন-অনুপাতে সংযোগের নিয়ম প্রকাশ করে এবং পঞ্চমটি—আয়তন সম্পর্কিত অর্থাৎ আয়তন-অনুপাতে গ্যাসের সংযোগের নিয়মকে প্রকাশিত করে। নিম্নে সূত্রগুলি, উহাদের আবিষ্কারক এবং আবিষ্কার কালের তালিকা দেওয়া হইল :—

১। **ভরের নিত্যতা-সূত্র** (ল্যাভয়সিয়ে—১৭৮৯)

(Law of Conservation of Mass : Lavoisier—1789)

২। **স্থিরানুপাত-সূত্র** (প্রাউস্ট—১৭৯৯)

(Law of constant Proportion : Proust—1799)

৩। **গুণানুপাত-সূত্র** (ডাল্টন—১৮০৩)

(The Law of Multiple Proportion : Dalton—1803)

৪। **মিথোনুপাত-সূত্র** বা তুল্যাংক-অনুপাত সূত্র : বা যোজনভার সূত্র (রিখটার—1792)

(The Law of Reciprocal Proportion or The Law of Equivalent Proportion or The Law of Combining Weights ; Richter – 1792)

৫। **গ্যাসায়তন-সূত্র** (গে-লুস্যাক্—1808)

(The Law of Gaseous Volumes, Gay Lssac—1808)

১। **ভরের নিত্যতা-সূত্র ঃ**

সকল রাসায়নিক বিক্রিয়াতেই বিক্রিয়ার পূর্বে বিক্রিয়কগুলির সমগ্র ভর বিক্রিয়ার শেষে উৎপন্ন পদার্থসমূহের সমগ্র ভরের সহিত সমান থাকে।

উদাহরণ স্বরূপ, যদি A ও B দুইটি বিক্রিয়ক পদার্থের ভর যথাক্রমে m ও n হয় এবং বিক্রিয়ার ফলে যদি C ও D দুইটি পদার্থ উৎপন্ন হয়, যাহাদের ভর যথাক্রমে x ও y—তবে উপরোক্ত সূত্রানুযায়ী—

$$\mathrm{m}+\mathrm{n}=x+y \text{ হইবে।}$$

মোমবাতির দহনের কালে দেখা যায় যে মোমবাতির ক্ষয় হইতেছে। ম্যাগনেসিয়াম যখন বাতাসে জলে, তখন উহা অতুজ্জ্বল আলোক বিকিরণ করিতে থাকে এবং দহনান্তে সাদা ছাই পাওয়া যায়। একখণ্ড লোহাকে আর্দ্র বাতাসে রাখিয়া দিলে লোহায় মরিচা পড়ে। ম্যাগনেসিয়াম ভস্ম ও মরিচা-পড়া লোহার ওজন লইলে দেখা যাইবে যে উহাদের ওজন অনেকটা বৃদ্ধি পাইয়াছে। একটি ক্ষুদ্র বীজ হইতে অনেক গুরুভার একটি বিরাট বনস্পতির উদ্ভব হইয়া থাকে। স্বভাবতঃই ধারণা জন্মে যে এই সব রাসায়নিক পরিবর্তনের ফলে পদার্থের সৃষ্টি বা ধ্বংস হইতেছে; কিন্তু বাস্তবিকপক্ষে তাহা নহে। আপাত দৃষ্টিতে বস্তুর লয় বা সৃষ্টি বলিয়া যাহা প্রতীয়মান হইতেছে তাহা আসলে বস্তুর রূপান্তর মাত্র।

মোমবাতি যখন জলে, তখন মোমের উপাদান সমূহ (কার্বন হাইড্রোজেন) বাতাসের অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিকভাবে সংযুক্ত হইয়া জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন করে। দহনের পূর্বে মোম ও অক্সিজেনের ওজন লইলে দেখা যায় যে এই ওজন, দহনান্তে জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই-অক্সাইডের ওজনের সমান থাকে। দহনকালে ম্যাগনেসিয়ামের সহিত অক্সিজেন সংযুক্ত হয় এবং অক্সিজেন সংযোগে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়; উহা স্বতঃই ম্যাগনেসিয়াম অপেক্ষা ওজনে ভারী। বিক্রিয়ার পূর্বে ম্যাগনেসিয়াম ও অক্সিজেনের যে ওজন ছিল বিক্রিয়ালব্ধ ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজন তাহার সমান হইতেই হইবে। জলীয় বাষ্প ও অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ার দরুণ লোহায় মরিচা পড়ে, তাই মরিচা-ধরা লোহার ওজন বৃদ্ধি পায়। ক্ষুদ্র বীজ হইতে অনেক গুণে ভারী বিরাট বৃক্ষের উদ্ভবও স্বতঃস্ফূর্ত নয়; উদ্ভূত বৃক্ষ বায়ু ও মাটি হইতে খাদ্য

সংগ্রহ করে ও পুষ্টির ফলে উহার আয়তন ও ওজন বৃদ্ধি পায়। প্রকৃতপক্ষে বিভিন্ন পরীক্ষাফল হইতে প্রমাণ করা গিয়াছে যে পদার্থ অবিনাশী ; কোন পরিবর্তনেই উহার হ্রাসবৃদ্ধি ঘটে না, রূপান্তর ঘটে মাত্র ; আগে বা পরে বস্তুর মোট ভর একই থাকে।

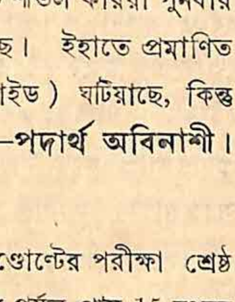
ল্যাভয়সিয়ের পরীক্ষা (Lavoisier's Experiment) ঃ

ল্যাভোয়াসিয়ে একটি রিটর্টে নির্দিষ্ট ওজনের টিন লইয়া রিটর্টটির মুখ উত্তাপে গলাইয়া বন্ধ করেন। টিনসমেত বন্ধ-রিটর্টটিকে প্রথমে ওজন করিয়া পরে উহাকে দীর্ঘ সময় উত্তপ্ত করেন। টিনের কিছু অংশ রিটর্টের আবদ্ধ বায়ুর অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া টিন অক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। উত্তাপ-শেষে রিটর্টটি শীতল করিয়া পুনর্বার ওজন করিলে দেখা যায়—ওজন সম্পূর্ণরূপেই পূর্বের ন্যায় রহিয়াছে। ইহাতে প্রমাণিত হয় যে যদিও একটি রাসায়নিক বিক্রিয়া (টিন→টিন অক্সাইড) ঘটিয়াছে, কিন্তু বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে পদার্থের পরিমাণ একই আছে। অতএব—**পদার্থ অবিনাশী।**

ল্যাণ্ডোল্টের পরীক্ষা (Landolt's Experiment) ঃ

'ভরের নিত্যতা' সংক্রান্ত যত পরীক্ষা হইয়াছে, তন্মধ্যে ল্যাণ্ডোল্টের পরীক্ষা শ্রেষ্ঠ ও বিশেষ উল্লেখযোগ্য। ল্যাণ্ডোল্ট 1893 হইতে 1908 সাল পর্যন্ত প্রায় 15 বৎসর ধরিয়া এই সংক্রান্ত পরীক্ষা করেন। ল্যাণ্ডোল্টের একটি পরীক্ষার সংক্ষিপ্ত বিবরণ নিম্নে দেওয়া হইল :—

একটি H-আকৃতি কাচ নলের দুইটি বাহুর একটিতে ফেরাস-সালফেট দ্রবণ ও অপরটিতে সিলভার-সালফেট দ্রবণ লইয়া নল দুইটির প্রান্ত-মুখ উত্তাপে গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। (চিত্র, ৫)। এখন সতর্কভাবে (যাহাতে দ্রবণ দুইটি মিশিয়া না যায়) একটি অতিসূক্ষ্ম তুলায় দ্রবণসহ H নলটির ওজন লওয়া হয়। ওজনের পরে নলটিকে উল্টাইয়া ধরিলে দুই বাহুর দ্রবণ দুইটি মিশিয়া যায় ও একটি প্রভূত তাপদায়ী রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে, ফেরাস সালফেট সিলভার সালফেটকে সিলভারে বিজারিত করে। বিক্রিয়ার শেষে যন্ত্রটি শীতল করিয়া পূর্বের তুলায় ওজন করিয়া ল্যাণ্ডোল্ট লক্ষ্য করেন যে ওজনের কোন পরিবর্তন ঘটে না



চিত্র, ৫—ল্যাণ্ডোল্টের পরীক্ষ

বিভিন্ন পরীক্ষা হইতে তিনি প্রমাণ কবেন যে, রাসায়নিক বিক্রিয়ায়, পদার্থের সৃষ্টি বা বিনাশ কখনই হয় না ; বিক্রিয়ক অণুস্থিত পরমাণুর নূতন রকম পরিবিন্যাস ঘটে মাত্র।

অতএব, "পদার্থ অবিনাশী ; ইহাকে সৃষ্টি বা ধ্বংস করা যায় না।

রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে যে পরিমাণ পদার্থ বর্তমান থাকে, বিক্রিয়ার পরেও ঠিক সেই পরিমাণ পদার্থই বর্তমান থাকিবে।

রুশ বিজ্ঞানী লোমোনোসভ (Lomonosov) ল্যাভয়সিয়রের আগে ভরের নিত্যতা সূত্র প্রস্তাব করিয়াছিলেন। "All changes occuring in nature are of such a state that as much as is removed from one thing, exactly so much is added to another. Thus if any amount of matter disppears in one place, the same amount will appear in another."

"প্রকৃতিতে যে সব পরিবর্তন অনুষ্ঠিত হইতেছে তাহা এমনই ধরনের যে একটি বস্তু হইতে যতটা অপসৃত হইতেছে, ঠিক ততটাই অপর বস্তুতে সংযোজিত হইতেছে। কোন এক স্থানে ভরের যতটা অদৃশ্য হইবে, ঠিক সেই পরিমাণ ভরই অন্যত্র আবির্ভূত হইবে।" সম্ভবতঃ রুশ ভাষায় অনুবাদের দুরূহতাই লোমোনোসভের নিত্যতা সূত্র প্রচার লাভ করে নাই। রাসায়নিক পরিবর্তনে শক্তির (তাপশক্তি) পরিবর্তন অবশ্যম্ভাবী। আবার শক্তির সহিত পদার্থের সম্পর্ক অচ্ছেদ্য। কাজেই শক্তির পরিবর্তনে পদার্থের ভরেরও পরিবর্তন হয়, কিন্তু ভরের পরিবর্তন এতই সামান্য যে উহা মাপা ত দূরের কথা, কল্পনা করাও দুঃসাধ্য।

যেমন 5 ফুট ব্যাসের 14,500,000 গ্রাম ভরের লাল-তপ্ত একটি লোহার বল সাধারণ উষ্ণতায় ঠাণ্ডা হইলে উহা মাত্র 0·005 গ্রাম ভর হারায়।

সুতরাং রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ভরের বিনাশ নাই বা উহার সৃষ্টিও হয় না বলা চলে; তবে সূক্ষ্ম বিচারে বলা উচিত সব বিক্রিয়ায় পদার্থ ও শক্তির সম্মিলিত পরিমাণ অবিনশ্বর।

২। স্থিরানুপাত-সূত্র ঃ

একই যৌগিকে মৌলগুলি সর্বদাই নির্দিষ্ট থাকে এবং ঐ যৌগিকে মৌলগুলির ওজনের আনুপাতিক মাত্রাও সর্বদা একই থাকে।

যেমন, A ও B দুইটি মৌল যদি সংযুক্ত হইয়া AB যৌগিক উৎপাদন করে, এবং যদি A মৌলটির a গ্রাম, B মৌলটির b গ্রামের সহিত যুক্ত হইয়া থাকে, তবে যে ভাবেই AB উৎপন্ন হউক না কেন, উহাতে সর্বদাই A ও B মৌলই মাত্র থাকিবে এবং উহাদের ওজনের অনুপাত সর্বদাই a ঃ b হইবে।

উদাহরণ ঃ

(১) জল হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগিক। জল বিভিন্ন উৎস হইতে পাওয়া যায় এবং ইহাকে কৃত্রিমভাবেও প্রস্তুত করা চলে। যে-কোনো উৎস হইতেই জল

পাওয়া যাক্, জল সব সময়ই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দ্বারা গঠিত এবং তাহাদের ওজনের অনুপাত 1·008 : ৪ থাকিবে ; ইহার অন্যথা কখনই ঘটিবে না। বিভিন্ন নমুনার জল বিশ্লেষণ করিয়া সর্বদাই হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত— 1·008 : ৪ পাওয়া যায় ;

(২) সোডিয়াম ক্লোরাইডকে অন্ততঃ ছয়টি বিভিন্ন প্রণালীতে প্রস্তুত করা চলে। সমুদ্র জল ও লবণাক্ত হ্রদের জলের বাষ্পীভবনেও ইহা পাওয়া যায়—সোডিয়াম ক্লোরাইডকে বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়, ওজনানুপাতে প্রতি 58·46 ভাগ সোডিয়াম ক্লোরাইডে—35·46 ভাগ ক্লোরিন ও 23 ভাগ সোডিয়াম আছে।

(৩) কার্বনডাইঅক্সাইড গঠিত হয় কার্বন ও অক্সিজেনের সংযোগে এবং ইহাদের ওজনের অনুপাত সর্বদাই 3 : ৪।

অর্থাৎ যৌগিক মাত্রই নির্দিষ্ট মৌলের নিদিষ্ট ওজনের অনুপাতে গঠিত।

স্থিরানুপাত-সূত্রের পরীক্ষামূলক প্রমাণ :

নীতি : বিভিন্ন প্রণালীতে উৎপন্ন কপার (II) অক্সাইডকে H_2 বা কোলগ্যাস প্রবাহে বিজারিত করিয়া প্রমাণ করা যায় যে CuO কপার ও অক্সিজেনের একই ওজন অনুপাতে গঠিত হয়। $CuO + H_2 = Cu + H_2O$.

(i) ধাতব কপার, (ii) কপার সালফেট (iii), কপার কার্বনেট প্রভৃতি হইতে কপার (II) অক্সাইড প্রস্তুত করা যায়।

(a) কপার $\xrightarrow{\text{নাইট্রিক অ্যাসিড}}$ কপার নাইট্রেট $\xrightarrow{\text{উত্তাপ}}$ কপার অক্সাইড + নইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড + জল

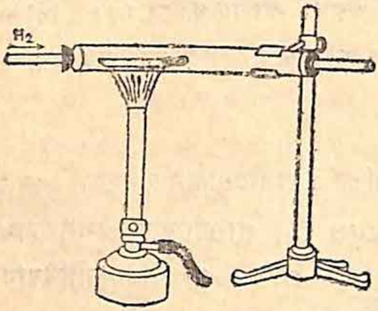
(b) কপার সালফেট $\xrightarrow[650^\circ\text{-}750^\circ C]{\text{উত্তাপ}}$ কপার অক্সাইড + সালফার ট্রাইঅক্সাইড

(c) কপার $\xrightarrow{\text{সোডিয়াম হাইড্রক্সাইড}}$ কপ্যার হাইড্রক্সাইড + জল

(d) কপার কার্বনেট $\xrightarrow{\text{উত্তাপ}}$ কপার অক্সাইড + জল

বিভিন্ন নমুনার বিশুদ্ধ কপার অক্সাইডের নির্দিষ্ট ওজন একটি ওজন জানা পোর্সেলীন বোটে লইয়া বোটটিকে একটি দৃঢ় কাচের নলে রাখিয়া নলটিকে একটি দণ্ডের সহিত

আটকানো হয়। নলের এক প্রান্ত হইতে বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র H_2 পরিচালনা করিয়া নলটিকে উত্তপ্ত করিলে H_2 দ্বারা CuO বিজারিত হইয়া Cu-এ পরিণত হয়। বিজারণ শেষে উত্তাপ বন্ধ করিয়া পোর্সেলিন বোটটি H_2 গ্যাস প্রবাহে শীতল করা হয়। অতঃপর বোটটি শোধকাধারে শীতল করিয়া যথারীতি ওজন করা হয়। ওজন নিত্য না হওয়া পর্যন্ত বোটটি উত্তপ্ত করা, শীতলকরা ও ওজন করা ক্রমান্বয়ে করিতে হইবে (চিত্র, ৬)।



চিত্র ৬,—স্থিরানুপাত সূত্রের পরীক্ষা

গণনা :

	নমুনা 1,	নমুনা 2,	নমুনা 3
পোর্সেলিন বোটের ওজন	a_1	a_2	a_3
" " +CuO-র "	b_1	b_2	b_3
" " +Cu-র "	c_1	c_2	c_3
CuO-র ওজন	b_1-a_1	b_2-a_2	b_3-a_3
Cu-র "	c_1-a_1	c_2-a_2	c_3-a_3
O_2-র "	b_1-c_1	b_2-c_2	b_3-c_3
CuO-এ Cu-র%	$\frac{100\,(c_1-a_1)}{b_1-a_1}=K,$	$\frac{100\,(c_2-a_2)}{b_2-a_2}=$	$\frac{100\,(c_3-a_3}{b_3-a_3}=K$
" " O_2-র%	$\frac{100\times(b_1-c_1)}{b_1-a_1}=K^1,$	$\frac{100\,(b_2-c_2)}{b_2-a_2}=K^1$	$\frac{100\,(b_3-c_3}{b_3-a_3}=K^1$

প্রকৃত পরীক্ষায় জানা গিয়াছে যে CuO-এ K ও K^1 এর মান সর্বদাই এক—যথাক্রমে 79·8 ও 20·2। অর্থাৎ CuO একই মৌল Cu ও O_2 দ্বারা একই মাত্রার অনুপাতে গঠিত। ইহা স্থিরানুপাত সূত্রের সত্যতা নির্ভুল প্রমাণ করে।

একটি পরীক্ষায় জানা গিয়াছে 0·26 গ্রা. O_2 1·03 গ্রা: Cu-র সহিত যুক্ত হইয়াছে। অতএব $\frac{0·26}{16}$ মৌল O_2 পরমাণু $\frac{1·03}{63·5}$ মৌল Cu পরমাণুর সহিত অর্থাৎ কপার অক্সাইডে Cu ও O_2 পরমাণু সমান সংখ্যায় যুক্ত হইয়াছে। অতএব অক্সাইডের সরলতম সংকেত CuO.

উদাহরণ

·936 গ্রাম জিঙ্ককে নাইট্রেটে পরিণত করিয়া উহাকে তীব্র ভাবে উত্তপ্ত করিয়া 1·165 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া গেল। অপর একটি পরীক্ষায় 1·236 গ্রাম ধাতুকে কার্বনেটে পরিণত করিয়া সেই কার্বনেটের তাপ বিয়োজনের ফলে 1·538 গ্রাম অক্সাইড পাওয়া গেল। দেখাও যে পরীক্ষালব্ধ ফলাফল নির্দ্দিষ্টানুপাত সূত্র প্রমাণ করে।

প্রথম পরীক্ষা ঃ—অক্সিজেনের ওজন=1·165 – ·935 = ·229 গ্রাম।

∴ ZnO-এর মধ্যে সংযুক্ত জিংক ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত ·229 : ·936

বা, 1 : 4·09

দ্বিতীয় পরীক্ষা ঃ—অক্সিজেনে ওজন=1·538 – 1·236 = ·302 গ্রাম।

∴ ZnO-এর মধ্যে সংযুক্ত জিংক ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত ·302 : 1·236

বা, 1 : 4·09

অতএব, দুইটি বিভিন্ন উপায়ে লব্ধ দুইটি নমুনার জিংক-অক্সাইডেই, জিংক ও অক্সিজেনের ওজনের অনুপাত স্থির থাকে।

স্থিরানুপাত সূত্র সত্য হইলেও উহার বিপরীত অনুসিদ্ধান্ত সর্বদা সত্য নয় অর্থাৎ একটি নির্দিষ্ট যৌগে একই উপাদান একই ওজন অনুপাতে সংযুক্ত থাকে বটে কিন্তু একই উপাদানসমূহ একই ওজন অনুপাতে সংযুক্ত থাকিয়া সব সময় **একই যৌগ** গঠন করে না। অ্যামোনিয়াম সায়ানেট (NH_4CNO) ও ইউরিয়া [$CO(NH_2)_2$] উভয়েরই উপাদানগুলি এক এবং উহাদের ওজনগত অনুপাতও এক এবং অভিন্ন কিন্তু উহারা বিভিন্ন যৌগ। একই উপাদানসমূহ নির্দিষ্ট ওজন অনুপাতে যুক্ত থাকিয়া দুইটি ভিন্নধর্মী যৌগ গঠন করিয়াছে। অ্যামোনিয়াম সায়ানেট ও ইউরিয়া পরস্পরের **আইসোমার (Isomers)**। (একই সংযুতি বিশিষ্ট বিভিন্ন যৌগগুলিকে পরস্পরের আইসোমার বা **সমাবয়বী** বলে।)

৩। গুণানুপাত সূত্র ঃ

যখন একটি মৌল অপর একটি মৌলের সহিত যুক্ত হইয়া দুই বা ততোধিক যৌগিক উৎপন্ন করে—তখন একটি মৌলের কোন নির্দিষ্ট ওজনের সহিত বিভিন্ন ওজনের অপর যে মৌলটি যুক্ত হয় সেই ওজনগুলির পরস্পরের মধ্যে একটি সরল অনুপাত অর্থাৎ ক্ষুদ্র ও পূর্ণ সংখ্যার অনুপাত বর্তমান থাকে।

উদাহরণ ঃ

(১) অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের রাসায়নিক মিলনে (a) জল (H_2O) ও (b) হাইড্রোজেন পারক্সাইড (H_2O_2) দুইটি যৌগ উৎপন্ন করে।

জলে ঃ—8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডে ঃ—16 ভাগ ওজনের অক্সিজেন 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

অতএব, একই নির্দিষ্ট ওজন হাইড্রোজেনের (এক্ষেত্রে—1) সহিত যুক্ত অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনগুলি (এক্ষেত্রে—8 ও 16,) পরস্পরের সহিত 8 : 16, বা 1 : 2 সরল অনুপাতে আছে।

(২) কার্বন ও অক্সিজেন পরস্পর যুক্ত হইয়া (a) কার্বন মনোক্সাইড (CO) ও (b) কার্বন ডায়ক্সাইড (CO_2) দুইটি অক্সাইড উৎপন্ন করে।

কার্বন মনোক্সাইডে ঃ—1 ভাগ ওজনের কার্বন 1·33 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত আছে।

কার্বন ডায়ক্সাইডে ঃ—1 ভাগ ওজনের কার্বন 2·66 ভাগ ওজনের অক্সিজেনের সহিত যুক্ত আছে।

∴ কার্বনের নির্দিষ্ট ওজনের (এক্ষেত্রে—1) সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজনগুলির (এক্ষেত্রে—1·33 ও 2·66) সম্পর্কের অনুপাত 1·33 : 2·66 বা 1 : 2 অর্থাৎ সরল অনুপাত।

(৩) কার্বন ও হাইড্রোজেন পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া (a) মার্সগ্যাস (CH_4), (b) ইথেন (C_2H_6), (c) ইথিলীন (C_2H_4) ও (d) অ্যাসেটীলীন (C_2H_2) উৎপন্ন করে। বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়—

বিভিন্ন যৌগ	কার্বনের নির্দিষ্ট ওজন	হাইড্রোজেনের বিভিন্ন ওজন
অ্যাসিটিলিন C_2H_2	12	1
ইথিলিন C_2H_4	12	2
ইথেন C_2H_6	12	3
মিথেন CH_4	12	4

অর্থাৎ একই ওজনের কার্বন (এক্ষেত্রে 12) হাইড্রোজেনের বিভিন্ন ওজনের সহিত যুক্ত হইয়া পরস্পরের মধ্যে 1 : 2 : 3 : 4 বা একটি সরল অনুপাত রক্ষা করিতেছে।

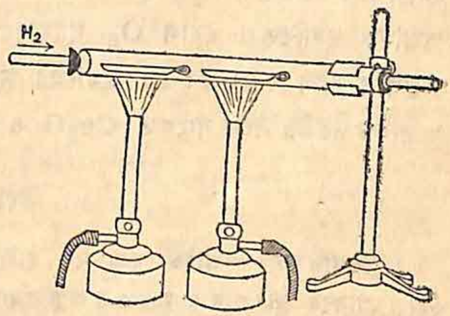
(৪) নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন পরস্পরের সহিত যুক্ত হইয়া—N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_4 ও N_2O_5, পাঁচটি বিভিন্ন অক্সাইড উৎপন্ন করে। এই অক্সাইডগুলির বিশ্লেষণে দেখা যায়—

বিভিন্ন যৌগ	নাইট্রোজেনের নির্দিষ্ট ওজন	অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজন
নাইট্রাস অক্সাইড N_2O	14	8
নাইট্রিক অক্সাইড NO	14	16
নাইট্রোজেন ট্রাইঅক্সাইড N_2O_3	14	24
নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড NO_2	14	32
নাইট্রোজেন পেণ্টোঅক্সাইড N_2O_5	14	40

অতএব অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনগুলি যথা—8, 16, 24, 32, 40, একই ওজন নাইট্রোজেনের (যথা—14) সহিত যুক্ত হইয়া 1 : 2 : 3 : 4 : 5—একটি সরল অনুপাত রক্ষা করিতেছে।

গুণানুপাত-সূত্রের পরীক্ষামূলক প্রমাণ ঃ

কপার প্রধানতঃ দুইটি অক্সাইড গঠন করেঃ কালো রঙের কিউপ্রিক [কপার (II)] অক্সাইড CuO ; অপরটি লাল রঙের কিউপ্রাস [কপার (I)] অক্সাইড Cu_2Oঃ বিশুদ্ধ অক্সাইড দুইটির নির্দিষ্ট পরিমাণ পৃথক পৃথকভাবে দুইটি শুষ্ক ও পরিষ্কৃত ওজন-জানা পোর্সেলিন বোটে লইয়া H_2 গ্যাস প্রবাহে (পূর্বে বর্ণিত পরীক্ষার ন্যায়) উত্তপ্ত করিলে অক্সাইডদ্বয় কপার ধাতুতে বিজারিত হইয়া যায়। বিজারণ শেষে বোট দুইটি [উত্তাপ বন্ধ করিয়া H_2 গ্যাস প্রবাহে শীতল করার পর] শোষকাধারে শীতল করার পর ওজন লইয়া কপারের পরিমাণ জানা হয়। ওজন নিত্য না হওয়া পর্যন্ত বোট দুইটি উত্তপ্ত করা, শীতল করা ও ওজন করা ক্রমান্বয়ে করিতে হয় (চিত্র ৭)।



চিত্র ৭,—গুণানুপাত সূত্রের পরীক্ষা

গণনা	কপার (I) অক্সাইড	কপার (II) অক্সাইড
পোঃ বোঃ এর ওজন	a_1	a_2
" + Cu অক্সাইডের "	b_1	b_2
" + Cu-র "	c_1	c_2
Cu-র " "	$c_1 - a_1$	$c_2 - a_2$
$O_2^{=}$-র " "	$b_1 - c_1$	$b_2 - c_2$
1 গ্রাঃ O_2-র সহিত যুক্ত Cu-র ওজন	$\frac{c_1 - a_1}{b_1 - c_1} = x$	$\frac{c_2 - a_2}{b_2 - c_2} = y$

পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে x ও yর অনুপাত $2 : 1$ অর্থাৎ নির্দিষ্ট ওজনের O_2 র সহিত সংযুক্ত Cu ওজনের অনুপাত সর্বদা $2 : 1$।

একটি পরীক্ষায় জানা গিরাছে যে লাল অক্সাইডে 0·32 গ্রাম O_2 2·53 গ্রা. Cu এবং কালো অক্সাইডে 0·38 গ্রাঃ O_2 1·52 গ্রাঃ Cu র সঙ্গে সংযুক্ত হইয়াছে। অতএব লাল ও কাল অক্সাইডে 1 গ্রাঃ অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত Cu র ওজন অনুপাত

$$\frac{2·53}{0·32} : \frac{1·52}{0·38} = 2 : 1$$

অন্যভাবে (a) লাল কপার (I) অক্সাইডে $\frac{0·32}{16} = 0·02$ মোল O_2 পরমাণু $\frac{2·53}{63·5} = 0·04$ মোল কপার পরমাণুর সহিত সংযুক্ত অর্থাৎ মোলের অণুপাত $1 : 2$।

(b) কালো কপার (II) অক্সাইডে $\frac{0·38}{16} = 0·024$ মোল O_2 পরমাণু $\frac{1·52}{63·5} = 0·024$ মোল Cu পরমাণুর সহিত যুক্ত অর্থাৎ মোলের অণুপাত $1 : 1$; অতএব কপার অক্সাইড দুইটিতে 1 মোল O_2 পরমাণুর সহিত যুক্ত Cu পরমাণু মোলের সংখ্যার অনুপাত সরল অর্থাৎ $2 : 1$। মোলের অনুপাত হইতে জানা যায় যে লাল ও কালো অক্সাইড দুইটির সরল সংকেত Cu_2O ও CuO।

উদাহরণ

1. কপার দুইটি অক্সাইড গঠন করে; হাইড্রোজেনে উত্তপ্ত করিয়া উহাদের প্রতিটির একগ্রাম হইতে যথাক্রমে ·888 গ্রাম ও ·798 গ্রাম ধাতু পাওয়া গেল। দেখাও যে এই পরিমাণগুলি গুণানুপাত সূত্র মানিয়া চলে।

সমাধান :

প্রথম অক্সাইডের 1 গ্রাম হইতে ·888 গ্রাম কপার এবং
দ্বিতীয় „ 1 „ ·798 „ „ পাওয়া যায়।

∴ ·888 গ্রাম কপার, (1 − ·888) বা ·112 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া **প্রথম অক্সাইডটি** উৎপন্ন করে এবং ·798 গ্রাম কপার (1 − ·788) ·202 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া **দ্বিতীয় অক্সাইডটি** উৎপন্ন করে।

অর্থাৎ **প্রথম অক্সাইডে** 1 গ্রাম অক্সিজেন, (·888 ÷ ·112) বা 7·9 গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত থাকে; এবং **দ্বিতীয় অক্সাইডে** 1 গ্রাম অক্সিজেন (·798 ÷ ·202) বা 3·95 গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত থাকে।

অতএব, নির্দিষ্ট ওজনের অক্সিজেনের সহিত (অর্থাৎ, 1 গ্রাম) যুক্ত কপারের

বিভিন্ন ওজনগুলির অনুপাত 3·95 : 79 বা 1 : 2। ইহা গুণানুপাত সূত্রকে প্রমাণিত করে।

2. লেডের বিভিন্ন অক্সাইডকে হাইড্রোজেনে উত্তপ্ত করিয়া নিম্নোক্ত ফল পাওয়া গেল :

(a) 1·393 গ্রাম লিথার্জ হইতে 1·293 গ্রাম লেড,

(b) 2·173 গ্রাম লেড ডাই-অক্সাইড হইতে 1·882 গ্রাম লেড,

(c(1·71 গ্রাম রেডলেড হইতে 1·552 গ্রাম লেড।

দেখাও যে এই পরীক্ষালব্ধ অঙ্কগুলি গুণানুপা'ত সূত্র সম্মত।

সমাধান :

1 গ্রাম লেডেব সহিত যুক্ত অক্সিজেনের বিভিন্ন ওজনগুলি—যথাক্রমে

(a) PbO এর মধ্যে, 1 গ্রাম Pb, $\frac{(1·393-1·293)}{1·293}$ বা, ·07739 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়

(b) PbO_2 এর মধ্যে, 1 গ্রাম Pb, $\frac{2·173-1·882}{1·882}$ বা 0·1546 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়

(c) Pb_3O_4 এর যধ্যে 1 গ্রাম Pb, $\frac{1·712-1·552}{1·552}$ বা, ·1031 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়

অতএব তিনটি অক্সাইডে 1 গ্রাম লেডের সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের অনুপাত যথাক্রমে—·07734 : ·1546 : ·1031 বা 3 : 6 : 4। অতএব গুণানুপাতসূত্র প্রমাণিত হয়।

3. একটির ধাতুর (M) দুইটি অক্সাইডকে পৃথক পৃথকভাবে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া প্রতি গ্রাম হইতে 0·12585 গ্রাম এবং 0·2264 গ্রাম জল পাওয়া গেল। শেষের অক্সাইডটির সংকেত যদি MO হয়, প্রথমটির সংকেত নির্ণয় কর।

M ধাতুর প্রথম অক্সাইডের এক গ্রাম হইতে 0·12585 গ্রাম জল পাওয়া যায়

0 12585 গ্রাম জলে অক্সিজেন আছে $\frac{16\times0·12585}{18}=0·1119$ গ্রাম

[যেহেতু 18 গ্রাম জলে O_2 থাকে 16 গ্রাম]

অতএব প্রথম অক্সাইডে M ধাতুর পরিমাণ $(1-01·119)=0·8881$ গ্রাম ;

দ্বিতীয় অক্সাইডে 1 গ্রাম হইতে 0·2264 গ্রাম জল পাওয়া যায়

0·3264 গ্রাম জলে অক্সিজেন আছে $\frac{16 \times 0 \cdot 2264}{18} = 0 \cdot 2013$ গ্রাম

অতএব দ্বিতীয় অক্সাইডে M ধাতুর পরিমাণ $(1-0 \cdot 2013) = \cdot 7987$ গ্রাম

দ্বিতীয় অক্সাইডের সংকেত MO

অর্থাৎ $\frac{\text{M-র পরমাণু সংখ্যা}}{\text{O-র পরমাণু সংখ্যা}} = \frac{1}{1} = \frac{0 \cdot 7787/A}{0 \cdot 2013/16}$ [A = M-র পারমাণবিক ওজন]

$\therefore \quad A = 63 \cdot 49.$

এখন প্রথম অক্সাইডে, $\frac{\text{M-র পরমাণু সংখ্যা}}{\text{O-র পরমাণু সংখ্যা}} = \frac{0 \cdot 8881/63 \cdot 49}{0 \cdot 1119/16} = \frac{2}{1}$

$\therefore$ প্রথম অক্সাইডের সংকেত M_2O.

4. **মিথোনুপাত সূত্র বা তুল্যাংক অনুপাত সূত্র** (The Law of Reciprocal proportions or the Law of Equivalent Proportions) :

যে ওজনগুলির দ্বারা দুই বা ততোধিক মৌল, পৃথক পৃথক ভাবে নির্দিষ্ট ওজনের অপর একটি মৌলের সহিত মিলিত হয়, মৌলগুলির পরস্পরের মধ্যে সংযোগ সেই ওজনগুলি বা সেই ওজনগুলির গুণিতকের দ্বারা নিষ্পন্ন হয়।

ব্যাখ্যা : মনে কর A মৌলের *a* গ্রাম, B মৌলের *b* গ্রাম, C মৌলের *c* গ্রামের সহিত রাসায়নিকভাবে পরস্পর সংযুক্ত হয়। এক্ষণে B ও C মৌল দুইটি নিজেদের মধ্যে রাসায়নিক মিলনে যৌগ সৃষ্টি করিলে সৃষ্ট যৌগে B ও C-এর অনুপাত হইবে $b : c$ অথবা *b* ও *c*-এর কোন সরল গুণিতক অর্থাৎ $xb : yc$. (*x* ও *y* অতি ক্ষুদ্র সরল পূর্ণসংখ্যা)।

উদাহরণ :

(১) কার্বন ও অক্সিজেন পৃথক পৃথক ভাবে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় ; আবার পরস্পরের সহিতও যুক্ত হয়। যথা—মিথেন (CH_4), জল (H_2O) ও কার্বন ডায়ক্সাইড (CO_2) প্রভৃতি।

CH_4 এ—12 গ্রাম কার্বন 4 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়
H_2O এ—16 „ অক্সিজেন 2 „ „ „ „ „
বা, 32 „ „ 4 „ „ „ „ „
CO_2 এ—12 „ কার্বন 32 „ অক্সিজেনের „ „ „

অর্থাৎ, 12 গ্রাম কার্বন 4 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া CH_4 এবং 32 গ্রাম অক্সিজেন 4 গ্রাম হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে। অতএব, কার্বন ও অক্সিজেনের সংযোগ অনুপাত (i) 12 : 32 হইবে, অথবা (ii) 12 ও 32 এর গুণিতক অনুপাত হইবে।

কার্বন ডায়ক্সাইডের মধ্যে—কার্বন ও অক্সিজেনের সংযোগের অনুপাত প্রকৃতই 12 : 32

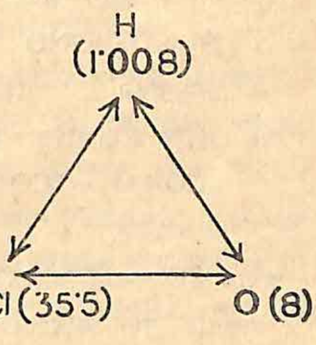
(২) PCl_3 এ—ফসফরাসের 31 ভাগ ওজন, $3 \times 35{\cdot}5$ ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয় ; এবং

PH_3 এ—ফসফরাসের 31 ভাগ ওজন 3 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয়।

অতএব হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সহিত সংযোগ $3 : 3 \times 35{\cdot}5$ ওজনের অনুপাতে ঘটিবে। হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের বিশ্লেষণে দেখা যায় প্রকৃতই হাইড্রোজেন ও ক্লোরিন 1 : 35·5 ওজনের অনুপাতে যুক্ত হইয়াছে।

[দ্রষ্টব্য :—'মিথোনুপাত সূত্র' প্রকৃতপক্ষে তুল্যাংক অনুপাত সূত্রের বিশেষ নির্বাচন।]

কোন মৌলের যত ভাগ ওজন 1 ভাগ (সূক্ষ্মবিচারে 1·008 ভাগ) ওজন হাইড্রোজেন বা 8 ভাগ ওজন অক্সিজেন বা 35·5 ভাগ ওজন ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়, তাহাই মৌলটির তুল্যাঙ্ক ভার। 1 ভাগ ওজন H_2, 8 ভাগ ওজন O_2 (H_2O) ও 35·5 ভাগ ওজন Cl_2-র সহিত (HCl) যুক্ত হয়। 8 ভাগ ওজনের O_2 35·5 ভাগ ওজনের Cl_2-র সহিত যুক্ত হয় : যেমন Cl_2O। অর্থাৎ মৌলসমূহ উহাদের তুল্যাঙ্ক ভারের অনুপাতে যুক্ত হয়। অতএব মিথোনুপাত সূত্রকে তুল্যাঙ্কভার সূত্র রূপেও গণ্য করা যায়।



তুল্যাংক অনুপাত সূত্র (Law of Equivalent Proportions) :

মৌলগুলি পরস্পরের মধ্যে সংযোগকালে তুল্যাংক অনুপাতে বা তুল্যাংকর গুণিতকের অনুপাতে সংযুক্ত হয়।

৫। গ্যাসায়তন সূত্র বা গে-লুস্যাকের সূত্র (The Law of Gaseous Volumes or Gay Lussac's Law) :

যখন বিভিন্ন গ্যাসের মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটে, তখন একই উষ্ণতা ও চাপে—(১) বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির পরস্পরের আয়তনের মধ্যে একটি সরল অনুপাত এবং (২) বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন পদার্থ যদি গ্যাসীয় হয় তবে উহার (বা উহাদের) আয়তনের সহিত বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির আয়তনেরও একটি সরল অনুপাত থাকিবে।

উদাহরণ :

(i) হাইড্রোজেন + ক্লোরিন → হাইড্রোজেন ক্লোরাইড ; আয়তনের অনুপাত

$H_2 + Cl = 2HCl$

1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন 1 : 1 : 2

(ii) হাইড্রোজেন + অক্সিজেন → ষ্টীম

$2H_2 + O_2 = 2H_2O$

2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন 2 : 1 : 2

(iii) হাইড্রোজেন + নাইট্রোজেন → অ্যামোনিয়া

$3H_2 + N_2 = 2NH_3$

3 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন 3 : 1 : 2

(iv) নাইট্রোজেন + অক্সিজেন → নাইট্রিক অক্সাইড

$N_2 + O_2 = 2NO$

1 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন 1 : 1 : 2

(v) কার্বন মনোক্সাইড + অক্সিজেন → কার্বন ডাই অক্সাইড 2 : 1 : 2

$2CO + O_2 = 2CO_2$

2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন 2 : 1 : 2

অর্থাৎ প্রতিক্ষেত্রেই বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির পারস্পরিক আয়তনের মধ্যে একটি সরল অনুপাত বহন করিতেছে এবং উৎপন্ন গ্যাসের আয়তনের সহিত বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির আয়তনগুলিও একটি সরল অনুপাত বহন করিতেছে।

ডালটনের পরমাণুবাদ (Dalton's atomic Theory) :

পদার্থ কি নিরবিচ্ছিন্ন (Continuous) না ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার সমষ্টি? পদার্থের চরম উপাদানই বা কি? খ্রীষ্টপূর্ব প্রায় আড়াই হাজার বছর আগে লিউকিপ্পাস, ডেমোক্রিটাস প্রমুখ গ্রীক দার্শনিকগণ প্রস্তাব করেন যে পদার্থ মাত্রই অতি সূক্ষ্ম কণিকার সমবায়ে গঠিত। তাঁহারা এই সূক্ষ্ম কণিকার নাম দেন অ্যাটম (পরমাণু), গ্রীক ভাষায় যাহার অর্থ অবিভাজ্য বা অকাট্য (atoms—not cut)। তাহারও

আগে ভারতীয় দার্শনিক কণাদ পদার্থের গঠন সম্বন্ধে অনুরূপ মত প্রকাশ করেন। প্রাচীন যুগের এই পরমাণুবাদ ছিল নিছক অনুমান ; উহাদের কোন পরীক্ষা ভিত্তিক প্রমাণ ছিল না। কাজেই কালের বিচারে বৈজ্ঞানিক সত্য হিসাবে ইহাদের যাচাই করা বা মূল্য নির্ধারণ করা সম্ভব ছিল না। রুশ বিজ্ঞানী লমোনোসভ (Lomonosov) পদার্থের আণবিক গঠন তত্ত্ব (molecular constitution of matter) প্রস্তাব করেন। 1803 খ্রীষ্টাব্দে ইংরেজ বিজ্ঞানী ডালটন পরীক্ষালব্ধ প্রমাণের ভিত্তিতে পদার্থের চরম উপাদানরূপে পরমাণুর অস্তিত্ব সম্বন্ধে একটি সুসংগত তত্ত্ব পরিবেশন করিয়া পরমাণুবাদের প্রাণ প্রতিষ্ঠা করেন। অষ্টাদশ শতাব্দীর শেষ ভাগে ও উনবিংশ শতাব্দীর গোড়ার দিকে নানাপ্রকার পরীক্ষা-নিরীক্ষার ফলে রাসায়নিক সংযোগ সূত্র আবিষ্কৃত হয়। ডাল্‌টন তাঁহার পরমাণুবাদের সাহায্যে রাসায়নিক সংযোগ-সূত্র সমূহের সঠিক ব্যাখ্যা দিতে সক্ষম হন। ডাল্‌টনের পরমাণুবাদ কতিপয় অনুমান বা স্বীকার্যের (Postulates) উপর প্রতিষ্ঠিত।

এই স্বীকার্যগুলি নিম্নরূপ :—

(১) পদার্থমাত্রই বিচ্ছিন্ন (discrete), অতিক্ষুদ্র কণার সমষ্টি। কণাগুলিকে বলা হয় পরমাণু। রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে পরমাণুগুলি অবিভাজ্য থাকে এবং উহাদের ধ্বংস বা সৃষ্টি হয় না।

(২) একই মৌলের পরমাণু সমূহ ধর্মে ও ওজনে এক ও অভিন্ন।

(৩) বিভিন্ন মৌলের পরমাণু বিভিন্নধর্মী ও বিভিন্ন ওজন বিশিষ্ট হইয়া থাকে।

(৪) দুই বা ততোধিক মৌলের পরমাণুর সংযোগ বা পাশাপাশি অবস্থান (juxtaposition) বা পুনর্বিন্যাসের ফলে রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে। এই সংযোগ বা পুনর্বিন্যাস সরল গাণিতিক অনুপাত ক্রমে (Simple numerical proportion), যথা—1 : 1, 1 : 2, 1 : 3, 2 : 3 ইত্যাদি রূপে ঘটিয়া থাকে।

যেমন A ও B মৌল দুইটির মধ্যে রাসায়নিক সংযোগের অর্থ উহাদের সামগ্রিক সম্মিলন নয়। A মৌলের এক বা একাধিক পরমাণু B মৌলের এক বা একাধিক পরমাণুর সহিত পাশাপাশি ঘনিষ্ট ভাবে অবস্থান করিয়া থাকে। ফলে পরমাণুর সম্মিলন ঘটিয়া A ও B মৌলের যৌগ গঠিত হয় :

A-এর 1টি পরমাণু + B-এর 1টি পরমাণু (AB)

বা A-এর 1টি পরমাণু + B-এর 2টি পরমাণু (AB_2)

বা A-এর 2টি পরমাণু + B-এর 3টি পরমাণু (A_2B_3)।

সেই কারণে জলের ক্ষুদ্রতম কণাও 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু ও 1টি অক্সিজেন পরমাণুর সম্মিলিত রূপ।

ডাল্টন মৌলিক বা যৌগিক সকল প্রকার পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণিকাকেই পরমাণু নামে অভিহিত করেন। যৌগের ক্ষুদ্রতম কণিকার নাম তিনি দেন **যৌগিক পরমাণু** (Compound atom) আর মৌলের ক্ষুদ্রতম কণিকার নাম **সরল পরমাণু** (Simple atom)।

পরমাণুবাদের আলোকে রাসায়নিক সংযোগ-সূত্র সমূহের ব্যাখ্যা ঃ

ডাল্টনের পরমাণুবাদের সিদ্ধান্তগুলিকে সত্য বলিয়া গ্রহণ করিয়া লইলে চারটি রাসায়নিক সংযোগসূত্র যে ডাল্টনের পরমাণুবাদের অনুসিদ্ধান্ত মাত্র, তাহা সহজেই প্রমাণ করা চলে।

(১) ভরের নিত্যতাসূত্রের ব্যাখ্যা ঃ

ডাল্টনের পরমাণুবাদে পরমাণু অবিভাজ্য। রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে বিক্রিয়ক পরমাণু সমূহ নূতনতর ভাবে সজ্জিত হয় মাত্র ; উহাদের বিনাশ হয় না কিংবা কোন নূতন পরমাণুর সৃষ্টি হয় না। কাজেই কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার প্রারম্ভে যতগুলি পরমাণু থাকে, উহাদের সৃষ্টি বা ধ্বংস নাই বলিয়া বিক্রিয়াশেষে ততগুলি পরমাণু অবশ্যই থাকিবে। আবার, পরমাণু মাত্রেরই ওজন আছে এবং উহারা নির্দিষ্ট সংখ্যার সরল অনুপাতে সংযোজিত হয়। অতএব, নির্দিষ্ট সংখ্যক পরমাণুর সমগ্র ভরও নির্দিষ্ট হইবে অর্থাৎ রাসায়নিক বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে ভরের হ্রাসবৃদ্ধি হইবে না।

(২) স্থিরানুপাত সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ

আয়রন ও সালফার উত্তপ্ত করিলে উহাদের রাসায়নিক সংযোগে **আয়রন সালফাইড** উৎপন্ন হয়। (ডাল্টনের মতবাদ অনুসারে) আয়রন সালফাইড অবশ্যই আয়রন ও সালফার পরমাণুর সংযোগে উৎপন্ন হইবে। পরমাণু অবিভাজ্য বলিয়া পরমাণুর ভগ্নাংশের সংযোগ সম্ভব নয়। অতএব, x সংখ্যক (x = ক্ষুদ্র ও পূর্ণসংখ্যা) আয়রন পরমাণু, y সংখ্যক (y = ক্ষুদ্র ও পূর্ণসংখ্যা) সালফার পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবে। আবার, প্রতিটি মৌলের পরমাণুর ওজন নির্দিষ্ট (ইহাও পরমাণুবাদের সিদ্ধান্ত)। সেই কারণেই x সংখ্যক আয়রন পরমাণুর সমগ্র ওজন ও y সংখ্যক সালফার পরমাণুর সমগ্র ওজনও নির্দিষ্ট। সুতরাং আয়রন সালফাইডের উৎপাদনকালে নির্দিষ্ট ওজনের আয়রন ও নির্দিষ্ট ওজনের সালফার অবশ্যই সংযুক্ত হইয়াছে। অনুরূপ ভাবে, জল বা HCl বা যে কোনো যৌগিকই যে নির্দিষ্ট পরিমাণ উপাদানে প্রস্তুত—একই ধারায় যুক্তি প্রয়োগ করিলে তাহা প্রমাণিত হয়।

(৩) গুণানুপাত সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ

ধরা যাক—A ও B দুইটি মৌল সংযুক্ত হইয়া একাধিক যৌগিক উৎপন্ন করে। পরমাণু অবিভাজ্য ও পরমাণুগুলির পরস্পরের সহিত ক্ষুদ্র ও পূর্ণসংখ্যার অনুপাতে সংযুক্ত হয় (ইহা ডাল্টনের পরমাণুবাদের সিদ্ধান্ত)। অতএব, A মৌলটির এক বা একাধিক পরমাণু B মৌলটির এক বা একাধিক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে, অথবা B মৌলটির এক বা একাধিক পরমাণু A মৌলটির এক বা একাধিক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইতে পারে। ধরা যাক্, A-র 1টি পরমাণু B-র 1টি পরমাণুর সহিত যুক্ত সংযোগে A, B মৌলের সরলতম যৌগ গঠন করে এবং যৌগটির সংকেত AB এবং A ও B সহযোগে উৎপন্ন দ্বিতীয় এবং তৃতীয় যৌগিকের সংকেত যথাক্রমে AB_2 ও A_3B_2 হইল। যদি A ও B মৌলের পারমাণবিক ওজন যথাক্রমে x ও y ধরা যায়, তাহা হইলে—

(ক) AB যৌগিকে B মৌলের y ভাগ ওজন A মৌলের x ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

(খ) AB_2 যৌগিকে B মৌলের $2y$ ভাগ ওজন A মৌলের x ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হইয়াছে ;

অথবা, B মৌলের y ভাগ ওজন A মৌলের $\frac{x}{2}$ ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হইয়াছে ;

(গ) A_3B_2 যৌগিকে B মৌলের $2y$ ভাগ ওজন A মৌলের $3x$ ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হইয়াছে ;

অথবা, B মৌলের y ভাগ ওজন A মৌলের $\frac{3}{2}x$ ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

সুতরাং, B মৌলের নিত্য ওজনের (এক্ষেত্রে y) সহিত যুক্ত A মৌলের বিভিন্ন ওজনগুলির অনুপাত যথাক্রমে—

$$x : \frac{x}{2} : \frac{3x}{2} \text{ বা } 1 : \frac{1}{2} : \frac{3}{2} \text{ বা } 2 : 1 : 3$$

অর্থাৎ একটি সরল অনুপাত। অতএব, দেখা যায় যে পরমাণুবাদের অনুসিদ্ধান্ত-রূপেই গুণানুপাত-সূত্রের ব্যাখ্যা চলে।

(৪) মিথোনুপাত সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ

ধরা যাক A, B ও C মৌল তিনটির পরমাণুভার বা ওজন যথাক্রমে—a. b ও c এবং A মৌলের 1টি পরমাণু, B মৌলের 1টি পরমাণুর সহিত যুক্ত

হইয়া AB যৌগিকের একটি অণু উৎপন্ন করে। অনুরূপভাবে—A মৌলের 1টি পরমাণু C মৌলের 1টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া AC যৌগিকের একটি অণু উৎপন্ন করে। অতএব ভার বা ওজন অনুপাতে A মৌলের a ভাগ B মৌলের b ভাগ ও C মৌলের c ভাগের সহিত যুক্ত হয়। এখন B ও C মৌলের সংযোগের ক্ষেত্রে (যেহেতু পরমাণু অবিভাজ্য), হয় B মৌলের একটি পরমাণু C মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইবে, অথবা B মৌলের x সংখ্যক পরমাণু C মৌলের y সংখ্যক পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া BC যৌগিকের একটি অণু উৎপন্ন করিবে। (x এবং y অবশ্যই ক্ষুদ্র ও পূর্ণসংখ্যা)।

যদি প্রথম সম্ভাবনাটি ঘটে,—অর্থাৎ B মৌলের একটি পরমাণু C মৌলের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়, তবে ভার অনুপাতে B মৌলের b ভাগ ওজন C মৌলের c ভাগ ওজনের সহিত যুক্ত হইবে ; অর্থাৎ যে ওজনে B ও C পরস্পর যুক্ত হইতেছে—তাহা A মৌলের একটি নির্দিষ্ট ভারের (এক্ষেত্রে a) সহিত পৃথক ভাবে যুক্ত B ও C মৌলের সংযোগের ভার অনুপাতেই ঘটিতেছে।

দ্বিতীয় সম্ভাবনার ক্ষেত্রে, B মৌলের x সংখ্যক পরমাণু y সংখ্যক C মৌলের পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়, অতএব ভারের অনুপাতে $b \times x$ ভাগ B মৌলটি, $c \times y$ ভাগ C মৌলটির সহিত যুক্ত হয়। কিন্তু $b \times x$ ভার b ভারের গুণিতক মাত্র ; এবং $c \times y$ ভার C ভারের গুণিতক মাত্র। অতএব, এক্ষেত্রে B ও C মৌল যে ওজনে সংযুক্ত হয়, উহা পৃথক ভাবে তাহাদের একটি নির্দিষ্ট ওজনের A মৌলের সহিত সংযোগ-ওজনের গুণিতক হইয়াছে।

অতএব মিথোনুপাত সূত্র ডাল্টনের পরমাণুবাদের অনুসিদ্ধান্তরূপে প্রমাণিত হয়।

ডাল্টনের পরমাণুবাদের সমালোচনা :

(১) পরমাণুবাদ ওজন অনুপাতে রাসায়নিক সংযোগসূত্রগুলি ব্যাখ্যা করে বটে, কিন্তু গে লুস্যাকের গ্যাসায়তন-সূত্রের ব্যাখ্যা ইহার দ্বারা সম্ভব নয়।

(২) মৌল ও যৌগিকের চরম কণাগুলির কোনো প্রভেদ পরমাণুবাদে নির্দেশিত হয় নাই ; উভয় ক্ষেত্রেই চরম কণাগুলি 'পরমাণু' বলা হয়। মৌলের ক্ষেত্রে ডাল্টন পরমাণুগুলিকে 'সরল পরমাণু' (simple atom) এবং যৌগিকের ক্ষেত্রে 'যৌগ-পরমাণু' (compound atom) বলিয়াছিলেন। এইরূপ প্রভেদ সন্তোষজনক নয়।

(৩) পদার্থমাত্রই ক্ষুদ্রতর অবিভাজ্য কণিকা অর্থাৎ পরমাণু দ্বারা গঠিত।

ডাল্টনের মতে এক একটি পরমাণু এক একটি নিরেট ও অবিভাজ্য কণিকা ; কিন্তু কিন্তু আধুনিক গবেষণার ফলে পরমাণুর গঠন-রহস্য উদ্ঘাটিত হইয়াছে। ইহা প্রমাণিত

হইয়াছে যে পরমাণু নিরেট ও অবিভাজ্য নয়। ইলেক্‌ট্রন, প্রোটন, নিউট্রন এই তিন প্রকারের ক্ষুদ্রতর প্রাথমিক কণিকার সমবায়ে পরমাণু গঠিত। (হাইড্রোজেন পরমাণুতে অবশ্য নিউট্রন নাই)। তেজস্ক্রিয় মৌল পদার্থ অনবরত ও স্বতঃস্ফূর্তভাবে রশ্মি-বিকিরণ করিতেছে এবং এক একটি তেজস্ক্রিয় মৌলের পরমাণু ভাঙ্গিয়া গিয়া অন্যপ্রকার মৌলের পরমাণুতে রূপান্তরিত হইতেছে।

পরমাণু অখণ্ডনীয়—ডাল্টনের এই স্বীকার্যটি সূক্ষ্ম বিচারে আর সঠিক বলা চলে না। পরীক্ষার ফলে ইহাও প্রমাণিত হইয়াছে যে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় পরমাণু সামগ্রিক ভাবে অংশ গ্রহণ করে না; বিক্রিয়ক পরমাণুর সর্ব-বহিস্থ স্তরের ইলেকট্রনের আদান-প্রদানের মাধ্যমে নিষ্পন্ন হয়। কিন্তু তাহা সত্ত্বেও পরমাণু তাহার নিজস্ব সত্বা বজায় রাখে; উহা দুই বা ততোধিক টুকরায় ভাঙ্গিয়া যায় না। সুতরাং রাসায়নিক বিচারে পরমাণু অবিভাজ্য মনে করা যায়। রাসায়নিক বিক্রিয়া পরমাণুর সংযোগ বা পুনর্বিন্যাসের ফলে ঘটে; ডালটনের এই স্বীকার্যটী আজও যথার্থ।

(৪) ডালটনের মতে একই মৌলের পরমাণুগুলি ওজনে, অপরাপর ধর্মে ও গুণে অভিন্ন; কিন্তু আইসোটোপ আবিষ্কারের ফলে জানা গিয়াছে যে একই মৌলের বিভিন্ন ওজনের ও বিভিন্ন ভৌত ধর্ম বিশিষ্ট পরমাণু থাকা সম্ভব। যেমন হাইড্রোজেনের তিন প্রকারের পরমাণু আছে। উহাদের ভর যথাক্রমে 1, 2, 3; কার্বনের আছে তিন রকমের পরমাণু; উহাদের ভর যথাক্রমে 11, 12 ও 13; অক্সিজেনের তিন ধরনের আইসোটোপ; ভর যথাক্রমে, 16. 17 ও 18। কাজেই ডালটনের এই স্বীকার্যও ভুল। তাত্ত্বিক বিচারে ইহা সত্য হইলেও ইহা নিশ্চিত বলা চলে যে সাধারণ পরমাণুর তুলনায় আইসোটোপের পরিমাণ নিতান্তই কম, এত কম যে ইহার দরুণ পারমাণবিক ভারের বিশেষ কোন তারতম্য হয় না। ইহা ছাড়া সাধারণতঃ গড় পরমাণু ভার ব্যবহৃত হইয়া থাকে এবং রাসায়নিক বিক্রিয়া কালে আইসোটেপের পরমাণু একই রকম থাকে। সুতরাং রাসায়নিক গণনায় উহা ধর্তব্যের মধ্যে পড়ে না।

বিভিন্ন মৌলের পারমাণবিক ভার বিভিন্ন। ডালটনের এই সিদ্ধান্তও সঠিক নয়। আইসোবার (isobar) বা সমভার আবিষ্কারের ফলে জানা গিয়াছে যে বিভিন্ন মৌলের পরমাণুর ভার সমান হওয়া সম্ভব। যদিও উহাদের পরমাণু-সংখ্যা (atomic number) আলাদা; যেমন **আর্গনের** একরকমের পরমাণু আছে যাহার ভর 40 (পরমাণুর কেন্দ্রকে 18টি প্রোটন ও 22টি নিউট্রন আছে) আর **পটাশিয়ামের** একরকম পরমাণু আছে যাহার ভরও 40 (পরমাণুর কেন্দ্রকে 19টি প্রোটন ও 21টি নিউট্রন)। উভয় পরমাণুরই ভরসংখ্যা 40 (অর্থাৎ ইহারা সমভার) কিন্তু ইহাদের পরমাণু সংখ্যা আলাদা। কাজেই রাসায়নিক ধর্মে ইহারা আলাদা। অর্থাৎ ইহারা

বিভিন্ন মৌল কিন্তু একই ওজন বিশিষ্ট। তত্ত্বের দিক দিয়া ডালটনের এই স্বীকার্যটিও ভুল, তবে বাস্তবক্ষেত্রে ইহার প্রতিক্রিয়া বিশেষ উল্লেখযোগ্য নয়।

(৫) পরমাণু সৃষ্টিও করা যায় না, ধ্বংসও করা করা যায় না।

রাসায়নিক বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে এই বক্তব্য যথাযথ, কিন্তু বর্তমানে জটিল ভৌত প্রক্রিয়ায় পরমাণুর সৃষ্টি বা বিনাশ সম্ভব হইয়াছে। পরমাণুর বিদারণ (fission) কালে পরমাণু ক্ষুদ্রতর কণিকায় ভাঙ্গিয়া যায়। ইউরেনিয়াম 235 পরমাণুকে নিউট্রন দ্বারা আঘাত করিলে ইউরেনিয়াম পরমাণু উহা শোষণ করিয়া লয়। পরে দুইটি প্রায় সমান ওজন বিশিষ্ট টুকরায় বিভক্ত হইয়া যায়। ফলে সম্পূর্ণ ভিন্ন রকমের একাধিক পরমাণুর সৃষ্টি হয়। পরমাণুর সংযোজনেও (fusion) নূতন পরমাণু তৈয়ারী করা যায়। দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুকে জোড়া দিয়া হিলিয়াম পরমাণুর সৃষ্টি সম্ভব হইয়াছে।

(৬) পরমাণু ক্ষুদ্র, পূর্ণ সংখ্যায় সংযুক্ত হয়।

কার্বন পরমাণু ছাড়া অন্যসব মৌলের ক্ষেত্রে ইহা খাটে। বহুসংখ্যক কার্বন পরমাণু পরস্পরের সহিত সমযোজ্যতার বন্ধনে আবদ্ধ হইয়া দীর্ঘ সারি বা জটিল প্রকৃতির চক্র গঠন করিতে পারে। ফলে অতিকায় কার্বন যৌগের অতিকায় অণুর সৃষ্টি হয় এবং পরমাণুর সংখ্যাগত অনুপাত সরল থাকে না। যেমন $C_{17}H_{36}$ অণুতে কার্বন ও হাইড্রোজেনের অনুপাত 17 : 36।

তত্ত্বের চুলচেরা বিচারে ডাল্টনের পরমাণুবাদে কিছু ভুল ত্রুটি বা অসঙ্গতি থাকিলেও ইহা অনায়াসে ও নিঃসন্দেহে বলা যায় যে রসায়নে ইহা একটি বিরাট স্তম্ভ স্বরূপ এবং ইহাকে আশ্রয় করিয়াই রসায়নের বিচিত্র সৌধ গড়িয়া উঠিয়াছে। রসায়ন শাস্ত্রের অনুশীলনে ইহার মূল্য আজও এতটুকু হ্রাস বা ম্লান হয় নাই।

পারমাণবিক ভার (Atomic Weight) :

পদার্থ মাত্রই অসংখ্য পরমাণুর সমন্বয়ে গঠিত। এই সব পরমাণুর ওজন এত কম যে উহাদের সরাসরি মাপার কোন প্রশ্নই উঠে না। পরোক্ষ উপায়ে আমরা বিভিন্ন পরমাণুর ওজন বাহির করিতে পারি। এইরূপে জানা যায় যে একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন $1{\cdot}66 \times 10^{-24}$ গ্রাম; লৌহের একটি পরমাণুর ওজন $9{\cdot}3 \times 10^{-23}$ গ্রাম, অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজন $2{\cdot}65 \times 10^{-23}$ গ্রাম ও একটি কার্বন পরমাণুর ওজন $1{\cdot}99 \times 10^{-23}$ গ্রাম। আবার সবচেয়ে ভারী যে ইউরেনিয়াম ধাতু, তাহার একটি পরমাণুর ওজন $3{\cdot}92 \times 10^{-22}$ গ্রাম। পরমাণুর ওজন এত ক্ষুদ্র সংখ্যা যে সব সময় উহাদের ব্যবহার একান্ত অসুবিধাজনক। সেইজন্য কোন নির্দিষ্ট মৌলের পরমাণুর ওজনকে একক ধরিয়া উহার তুলনায় অন্যান্য মৌলের পারমাণবিক ভার

নির্ধারণ করা হয়। যে মৌলের পরমাণুর ওজনকে এককরূপে ধরা হয়, সেই মৌলকে প্রাথমিক বা প্রামাণিক বস্তু (Standard substance) বলা হয়। অতীতে রসায়ন বিজ্ঞানীরা সবচেয়ে হাল্কা হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজনকে একক্ ধরিয়া অন্যান্য মৌলগুলির পারমাণবিক ভার নির্ধারণ করেন।

সংজ্ঞা : কোন মৌলের পারমাণবিক ভার = মৌলের একটি পরমাণুর ওজন + হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন। কিন্তু পরে রসায়ন বিজ্ঞানীরা হাইড্রোজেনকে একক ধরিয়া পারমাণবিক ভার নির্ধাণণের পদ্ধতি পরিত্যাগ করেন ; কারণ হাইড্রোজেন অনেক, বিশেষতঃ ধাতব মৌলদের সংঙ্গে, যৌগ গঠন করে না। H_2 অত্যন্ত লঘু ; তাই উহার পরিমাপে সামান্যতম ক্রটিও পরীক্ষালব্ধ ফলকে বহুলাংশে ক্রটিপূর্ণ করে। H_2 আপেক্ষিকে নির্ধারিত বিভিন্ন পারমাণবিক ভার পূর্ণসংখ্যা হয় না। সেইজন্য তাঁহারা অক্সিজেনের একটি পরমাণুর ওজনকে 16·00 একক (unit) ধরিয়া অন্যান্য মৌলগুলির পারমাণবিক ভার নির্ধারণ করেন। বর্তমানে পদার্থ ও রসায়ন বিজ্ঞানীরা উক্ত দুইটি পদ্ধতিই পরিত্যাগ করিয়া কার্বনকে (C – 12) প্রামাণিক বস্তু হিসাবে ধরিয়া অন্য মৌলের পারমাণবিক ভার নির্ধারণ করেন। এই শেযোক্ত পদ্ধতিতে কার্বনের একটি পরমাণুর ওজনকে 12·00 ধরিয়া মৌলগুলির পারমাণবিক ভার নির্ণয় করা হয়।

পারমাণবিক ভার নির্ধারণে এই একককে বলা হয় **কার্বন একক** এবং এই এককের মান কার্বন – 12 পরমাণুর ভারের $\frac{1}{12}$। অতএব কোন মৌলের একটি পরমাণু কার্বন—12 পরমাণু ভারের $\frac{1}{12}$ অংশ অপেক্ষা যতগুণ ভারী তাহাই মৌলটির পারমাণবিক ভার।

মৌলের পারমাণবিক ভার = মৌলের একটি পরমাণুর ভার ÷ $\frac{1}{12}$ × কার্বন – 12 পরমাণুর ভার

$$= \frac{\text{মৌলের একটি পরমাণুর ভার}}{\text{কার্বন-12 পরমাণুর ভার}} \times 12.$$

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও কার্বন এই তিনটির তুলনায় কয়েকটি মৌলের পারমাণবিক ভার নীচে দেওরা হইল।

যেহেতু পারমাণবিক ভার ওজনের অনুপাত, সুতরাং ইহার কোন একক নাই। উহাকে কেবলমাত্র একটি সংখ্যার দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

পারমাণবিক ভার (Atomic weight)

মৌলের নাম ও সংকেত	হাইড্রোজেন—1 এর তুলনায়	অক্সিজেন—16 এর তুলনায়	কার্বন—12 এর তুলনায়
(১) হাইড্রোজেন (H)	1	1·0080	1·00797
(২) কার্বন (C)	11·99	12·011	12 0000
(৩) নাইট্রোজেন (N)	14·00	14·008	14·0067
(৪) অক্সিজেন (O)	15·87	16·0000	15·9994
(৫) লৌহ (Fe)	55·4	55·85	55 847
(৬) ইউরেনিয়াম (U)	23[illegible]·14	238·07	23[illegible]·03

কার্বন একক : (Carbon Unit).

পারমাণবিক ভার নির্ধারণে প্রামাণিক বস্তু হিসাবে অক্সিজেনের বর্জনের কারণ দুইটি : (১) বায়ুমণ্ডলের অক্সিজেন সবই এক ধরণের নয় ; উহাতে তিন প্রকারের আইসোটোপ বর্তমান $^{16}_{8}O$ (99·76%), $^{17}_{8}O$ (0·04%), $^{18}_{8}O$ (0·02%। কাজেই অক্সিজেনের পারমাণবিক ভার 16 ধরিলে বায়ু মণ্ডলের অক্সিজেনের গড় পারমাণবিক ভর দাঁড়ায় 16·0044.। আবার অক্সিজেনের আইসোটোপগুলির পরিমাণ অতি সামান্য হইলেও তারতম্য ঘটিয়া থাকে। সুতরাং রাসায়নিক অক্সিজেনকে একেবারে অপরিবর্তনীয় প্রামাণ্য বস্তু হিসাবে ধরা যায় না। (২) 1950 খ্রীষ্টাব্দের পর হইতে পারমাণবিক ভার নির্ণয়নের প্রধান উপায় ভর বর্ণালী মাপক যন্ত্র (mass spectro meter)। এই যন্ত্রে অক্সিজেন অপেক্ষা কার্বনই অধিকতর উপযোগী।

কার্বন একক প্রবর্তনের ফলে মৌলের পারমাণবিক ভারের উপর সংখ্যাগত পরিবর্তন নিতান্তই কম—একেবারে নাই বলিলেও চলে। প্রতি 10 লক্ষ ভাগে মাত্র 37 ভাগ হ্রাস পায় [যেমন O=16·0000 হয় O=15·9994].

পারমাণবিক ভর একক : (atomic mass Unit—a . m. u.)

যে কোন ওজন প্রকাশে একটি একক প্রয়োজন : যেমন এক **টন** কয়লা, দুই **পাউণ্ড** চিনি, পাঁচশত **গ্রাম** লবণ ইত্যাদি। বর্তমানে যেহেতু পরমাণুর প্রকৃত ওজন মাপা সম্ভব হইয়াছে, সেই হেতু পরমাণুর ওজনও একটি বিশেষ এককে প্রকাশিত হওয়া বিধেয়। এই এককটিই হইতেছে পারমাণবিক ভর একক ; সংক্ষেপে পাঃ ভঃ এঃ (a. m. u.)। যেমন একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর ওজন = 1·008

পাঃ ভঃ এঃ ; একটি অক্সিজেন পরমাণুর ওজন $=16$ পাঃ ভঃ এঃ ইত্যাদি। পাঃ ভঃ এঃ র মান C-12 পরমাণুর ভরের একেবারে $\frac{1}{12}$ এর সমান (অক্সিজেন পরমাণু ভরের $\frac{1}{16}$ এর সমান) $= \frac{1}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$ গ্রাম। কোন পরমাণুর ভর পাঃ ভঃ এঃ তে প্রকাশ করিলে তাহা সংখ্যার দিক দিয়া পারমাণবিক ভরের সমান হয়।

$6{\cdot}023 \times 10^{23}$ টি কার্বন-12 পরমাণুর ভর $=12$ গ্রাম

1 টি " " " $= \frac{12}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$ গ্রাম।

অতএব, পাঃ ভঃ এঃ $= \frac{1}{12} \times \frac{12}{6{\cdot}023 \times 10^{23}}$ গ্রাম $= 1{\cdot}6603 \times 10^{-24}$ গ্রাম।

বা $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ পাঃ ভঃ এঃ $=1$ গ্রাম।

পারমাণবিক ভারকে $6{\cdot}023 \times 10^{23}$ দ্বারা ভাগ করিলে (কিংবা 1 পাঃ ভঃ এঃ দ্বারা গুণ করিলে) পরমাণুর প্রকৃত ভার গ্রামে পাওয়া যায়। যেমন একটি কার্বন পরমাণুর ভর $=12$ পাঃ ভঃ এঃ

$$= \frac{12}{6{\cdot}023 \times 10^{23}} \text{ গ্রাম} = 2{\cdot}0 \times 10^{-23} \text{ গ্রাম।}$$

একটি অক্সিজেন পরমাণুর ভর $=16$ পাঃ ভঃ এঃ

$$= \frac{16}{6{\cdot}023 \times 10^{23}} \text{ গ্রাম} = 2{\cdot}66 \times 10^{-23} \text{ গ্রাম।}$$

এখানে স্মরণ রাখা দরকার যে পরমাণুর ভর ও পারমাণবিক ভার এক নয়। পারমাণবিক ভর একটি সংখ্যা ; আর পরমাণুর ভার পরমাণুটির উপর পৃথিবীর অভিকর্ষ জনিত বল।

পারমাণবিক ভরের অপর একটি সংজ্ঞা :

কোন মৌলিক পদার্থ উহার একটি পরমাণু অপেক্ষা কম পরিমাণে রাসায়নিক পরিবর্তনের অংশ গ্রহণ করিতে পারে না।; কাজেই কোন মৌলের বিভিন্ন যৌগ সমূহে আণবিক ভরগুলির মধ্যে মৌলের যে ক্ষুদ্রতম ভর বর্তমান থাকে তাহাকেই মৌলের পারমাণবিক ভর বলা যায়।

অনুশীলনী

১। জড় পদার্থের নিত্যতা সূত্রটি বিবৃত কর।

মোমবাতির দহনে ইহার ওজন হ্রাস পায়, আবার এক টুকরা লোহায় মরিচা পড়িলে উহার ওজন বৃদ্ধি পায়—দেখাও যে উভয় ক্ষেত্রেই নিত্যতা সূত্রটি প্রযোজ্য।

২। স্থিরানুপাত সূত্রটি বিবৃত ও ব্যাখ্যা কর। একটি উদাহরণের সাহায্যে এই সূত্রের সত্যতা প্রমাণ কর। একটি উদাহরণের সাহায্যে দেখাও যে উহার বিপরীত বিবৃতিটি সর্বদা সত্য হয় না।

৩। বিজ্ঞানী ষ্টাস (Stass) বিভিন্ন উপায়ে সিলভার ক্লোরাইড গঠন করেন এবং নিম্নোক্ত ফল পান।

সিলভারের ওজন	সিলভার ক্লোরাইডের ওজন
91·462 গ্রাম	121·4998 গ্রাম
108·549 গ্রাম	144·2070 গ্রাম
69·8674 গ্রাম	92·8745 গ্রাম

দেখাও যে এই পরীক্ষাফলগুলি স্থিরানুপাত সূত্র প্রমাণ করে।

৪। কোন ধাতুকে 0·36 গ্রাম অক্সিজেনে পোড়াইলে 0·60 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। (ii) ঐ ধাতুর কার্বনেটে শতকরা 28·57 ভাগ ধাতু বর্তমান। এক গ্রাম পরিমাণ ঐ কার্বনেটকে উত্তপ্ত করিলে কত গ্রাম অক্সাইড পাওয়া যাইবে—তাহা স্থিরানুপাত সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় কর।

[0·476 গ্রা:]

৫। একটি ধাতুর 0·12 গ্রাম হইতে 0·20 গ্রাম অক্সাইড উৎপন্ন হয়। এই ধাতুর কার্বনেট ও নাইট্রেট যথাক্রমে 28·5%, ও 16·2% ধাতু আছে! 1 গ্রাম কার্বনেট ও 1 গ্রাম নাইট্রেট হইতে কত গ্রাম করিয়া অক্সাইড পাওয়া যাইবে তাহা স্থিরানুপাত সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় কর।

[0·476 গ্রা. ·27 গ্রা.]

৬। গুণানুপাত সূত্রটি লিখ। দুইটি উদাহরণের সাহায্যে সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

একটি ধাতুর দুইটি ক্লোরাইড লবণে ক্লোরিনের মাত্রা যথাক্রমে 35·9% এবং 52·8%। দেখাও যে ইহা গুণানুপাত সূত্র সম্মত।

৭। (i) আয়রনের তিনটি অক্সাইডে আয়রনের শতকরা মাত্রা যথাক্রমে 72·41, 70, 77·78। দেখাও যে এই অঙ্কগুলি গুণানুপাত সূত্র মানিয়া চলে।

(ii) একটি মৌলের দুইটি অক্সাইডের প্রথমটির 1 গ্রাম হইতে 0·5 গ্রাম এবং দ্বিতীয়টির 4 গ্রাম হইতে 1·6 গ্রাম মৌল [হাইড্রোজেনের সহিত বিজারণ বিক্রিয়ায়] পাওয়া গেল। প্রমাণ কর পরীক্ষা ফলগুলি গুণানুপাত সূত্র সমর্থন করে।

(iii) একটি ধাতুর দুইটি অক্সাইড A এবং B। অক্সাইড দুইটিকে পৃথকভাবে হাইড্রোজেন প্রবাহে উত্তপ্ত করিয়া প্রতিটির 2 গ্রাম হইতে যথাক্রমে 0·2517 গ্রাম এবং 0·2264 গ্রাম জল পাওয়া গেল। দেখাও যে এই ফল গুণানুপাত সূত্র সম্মত।

(iv) নাইট্রোজেনের তিনটি অক্সাইডে যথাক্রমে 36·4%, 69·6%, 53·3% নাইট্রোজেন আছে। দেখাও যে এই অঙ্কের ফল গুণানুপাত সূত্র মানিয়া চলে।

৮। একটি ধাতুর (M) দুইটি অক্সাইডে যথাক্রমে 27·6% এবং 30% অক্সিজেন আছে! প্রথম অক্সাইডের সংকেত M_3O_4 হইলে, দ্বিতীয়টির সংকেত কত ?

৯। সালফার ডাই অক্সাইড অণু একটি সালফার ও দুইটি অক্সিজেন পরমাণু হইতে গঠিত। ঐ যৌগে সালফারের ভাগ 50%। সালফার ও অক্সিজেন পরমাণুর ভারের অনুপাত কি ?

১০। মিথোনুপাত সূত্রটি বিবৃত ও একটি উদাহরণের সাহায্য ব্যাখ্যা কর। নিম্নের ফল হইতে এই সূত্রটি প্রমাণ কর—

মার্শ গ্যাস	কার্বন মনোক্সাইড	জল
C=75%	C=42·86%	H=11·11%
H=25%	O=57·14%	O=88·89%

১১। 0·46 গ্রাম Mg, 077· গ্রাম ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইড গঠন করে ;

0·82 " " প্রমাণ অবস্থায় 760 সি. সি. H_2 নির্গত করে ;

1·12 গ্রাম O_2 সহিত যুক্ত হইয়া H_2 1·26 গ্রাম জল উৎপন্ন করে ;

উপরের পরীক্ষালব্ধ ফল কোন রাসায়নিক সংযোগ সূত্র মানিয়া চলে ? সেই সূত্রটি বর্ণনা কর।

১২। ডালটনের পরমাণুবাদ উল্লেখ কর। উহাদের সাহায্যে গুণানুপাত ও মিথোনুপাত সূত্র ব্যাখ্যা কর।

পরমাণুবাদের অসঙ্গতি কি কি ?

১৩। M ধাতুর দুইটি অক্সাইডে ধাতুর মাত্রা যথাক্রমে 70·0% এবং 77·8%। অক্সাইড দুইটিতে এক গ্রাম-পরমাণু অক্সিজেনের সহিত ধাতুটির কি কি পরিমাণ যুক্ত হয় ? দ্বিতীয় অক্সাইডটি যদি MCl_2 এর অনুরূপ হয় তবে প্রথম অক্সাইডটির অনুরূপ ক্লোরাইডের সংকেত নির্ণয় কর।

[37·3 গ্রা, 56·0 গ্রাম MCl_3]

১৪। M ধাতুর দুইটি অক্সাইড X ও Y. প্রতি 6 গ্রাম X ও 3 গ্রাম Y যৌগে যথাক্রমে 1·440 গ্রাম ও 1·160 গ্রাম অক্সিজেন আছে। প্রতি ক্ষেত্রে 1 গ্রাম পরমাণু অক্সিজেনের সহিত কত গ্রাম ধাতু যুক্ত হয় ? ইহা কোন সংযোগ সূত্র সম্মত ? Y এর সংকেত MO হইলে X এর সংকেত কি ?

[50·7 গ্রাঃ 25·4 গ্রাঃ M_2O]

১৫। শুষ্ক ক্লোরিণ প্রবাহে তাপিত করিলে 1·12 গ্রাম ধাতু M হইতে 3·25 গ্রাম অনার্দ্র ক্লোরাইড পাওয়া যায়। শুষ্ক হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উত্তপ্ত করিলে 1·400 গ্রাম ধাতু—3·175 গ্রাম অনার্দ্র ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ক্লোরাইডদ্বয়ে এক গ্রাম পরমাণু ক্লোরিণের সঙ্গে যুক্ত M-এর ভর নির্ণয় কর। ইহা কোন সূত্র মানিয়া চলে ? প্রথম ক্লোরাইডের সংকেত MCl_3, দ্বিতীয় ক্লোরাইডের সংকেত নির্ণয় কর। M ধাতুর সালফেট যৌগের সংকেত লিখ।

[18·7 গ্রাম, 28·0 গ্রাম MCl_2, MSO_4]

১৬। M ধাতুর তিনটি অক্সাইড X, Y, Z, কে হাইড্রেজেন প্রবাহে উত্তাপে বিজারিত করিয়া নিম্নোক্ত ফল পাওয়া গেল—

1·60 গ্রাম X হইতে 1·28 গ্রাম ধাতু, 1·44 গ্রাম Y হইতে 1·28 গ্রাম ধাতু এবং 1·00 গ্রাম Z হইতে 0·80 গ্রাম ধাতু পাওয়া গেল।

প্রতি অক্সাইডে এক গ্রাম পরমাণু অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত ধাতুটির ভার নির্ণয় কর। এই ফল কোন দুইটি সংযোগ সূত্র সম্মত ? X এর সংকেত MO, Y ও Z এর সংকেত কি ?

[64 গ্রাঃ 128 গ্রাঃ 64 গ্রাঃ ; M_2O, MO]

১৭। চারিটি যৌগের শতকরা ওজন অনুপাত নিম্নরূপ :

(a) N_2 – 11·6 : Cl_2 – 88·4. (b) N_2 – 46·7. O_2 – 53·3. (c) Fe – 77·3, O_2 – 22·2, (d) Fe – 44·1, Cl_2 – 55·9।

দেখাও যে এই অঙ্কগুলি মিথোনুপাত সূত্রসম্মত।

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

অণুর ধারণা : অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প :

(Concepts of Molecules and Avogadro's Hypothesis)

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের উৎপত্তি :

ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মে গ্যাসসমূহের মধ্যে বিস্তর পার্থক্য রহিয়াছে। যেমন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস জলে খুবই দ্রাব্য (500 আয়তন HCl গ্যাস এক আয়তন জলে দ্রাব্য) ; হাইড্রোজেন সালফাইডের দ্রাব্যতা মোটামুটি (3 আয়তন গ্যাস এক আয়তন জলে দ্রাব্য), নাইট্রোজেনের দ্রাব্যতা খুবই কম—অদ্রবণীয় বলা যায়—(0·02 আয়তন গ্যাস এক আয়তন জলে দ্রাব্য)। নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেন, অক্সিজেন প্রভৃতি প্রশম গ্যাস ; সালফার ডাই অক্সাইড, নাইট্রোজেন-ডাই-অক্সাইড্, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রভৃতি গ্যাস অম্লধর্মী ; আবার অ্যামোনিয়া, ফসফিন প্রভৃতি গ্যাস ক্ষারধর্মী। কোন কোন গ্যাস, যেমন ক্লোরিন, ক্লোরিন, খুবই সক্রিয় ; কোন কোন গ্যাস যেমন আর্গন, নিয়ন, খুবই নিষ্ক্রিয়। এত সব বৈসাদৃশ্য সত্ত্বেও সমস্ত গ্যাসই—কি মৌলিক, কি যৌগিক,—বয়েল, চার্লস ও গে-লুস্যাক সূত্র মানিয়া চলে। গ্যাসসমূহের আচরণের এই সাদৃশ্যের উৎস কোথায় ?

ডাল্টনের পরমাণুবাদের প্রস্তাবনার অব্যবহিত পরেই গে-লুস্যাক বহু পরীক্ষার ফলাফল হইতে গ্যাসানুপাত সূত্র আবিষ্কার করেন। ইহার কিছু পূর্বে তিনি ইহাও আবিষ্কার করেন যে একই প্রকার উষ্ণতা ও চাপের হ্রাস-বৃদ্ধির ফলে সকল গ্যাসে একই প্রকার পরিবর্তন লক্ষিত হয়। স্বাভাবতঃই ডাল্টনের পরমাণুবাদের পরিপ্রেক্ষিতে গে-লুস্যাকের আবিষ্কৃত তথ্যগুলির ব্যাখ্যায় বলা যায় :

(১) (গে-লুস্যাকের পরীক্ষা অনুযায়ী,) গ্যাস সমূহের সংযোগ **আয়তনের সরল অনুপাতে** ঘটিয়া থাকে।

(২) ডাল্টনের পরমাণুবাদ অনুযায়ী, মৌলগুলির সংযোগ **পরমাণু সংখ্যার সরল অনুপাতে** ঘটে ; অতএব—

সম-আয়তন বিক্রিয়ক গ্যাসগুলির মধ্যে পরমাণু-সংখ্যার একটি সরল সম্বন্ধ থাকা উচিৎ। এই সরল সম্বন্ধকে বার্জিলিয়স (Berzelius) নিম্নোক্তভাবে প্রস্তাব করেন—"**একই উষ্ণতা ও চাপে সম-আয়তন বিভিন্ন গ্যাসে সম-সংখ্যক পরমাণু থাকে।**

পরীক্ষালব্ধ ফলাফল হইতে পরে দেখা গেল, পরমাণুবাদের সহিত সামঞ্জস্য রক্ষা করিয়া বার্জিলিয়সের উপরোক্ত প্রস্তাবনা গ্রহণযোগ্য নয়।

বার্জিলিয়স-প্রস্তাবনার ব্যর্থতা :

বার্জিলিয়স প্রস্তাবনা অযৌক্তিক বলিয়া ব্যর্থ হইয়াছিল। নিম্নের উদাহরণগুলি হইতে এই ব্যর্থতার কারণ আরো বিশদভাবে অনুসরণ করা যাইবে—

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস

প্রকৃত পরীক্ষার ফলে দেখা যায় যে—

1 আয়তন ক্লোরিন 1 আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

ধরা যাক্—1 আয়তন হাইড্রোজেন গ্যাসের মধ্যে x সংখ্যক পরমাণু আছে ; অতএব বার্জিলিয়স-প্রস্তাবনা অনুযায়ী—হাইড্রোজেনের x পরমাণু ক্লোরিণের x পরমাণুর সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া $2x$ পরমাণু হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করিয়াছে।

বা, হাইড্রোজেনের 1টি পরমাণু ক্লোরিনের 1টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া—2টি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের পরমাণু উৎপন্ন করে ;

বা, হাইড্রোজেনের $\frac{1}{2}$ পরমাণু ক্লোরিনের $\frac{1}{2}$ পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া, হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের গ্যাসের 1টি পরমাণু উৎপন্ন করিবে।

কিন্তু ডালটনের পরমাণুবাদের সিদ্ধান্ত অনুযায়ী—পরমাণুর বিভাজন সম্ভব নয়। অতএব, **বার্জিলিয়স-প্রস্তাবনা ব্যর্থ।**

বার্জিলিয়স-প্রস্তাবনার ব্যর্থতার কারণ :

অ্যাভোগাড্রো (Avogadro) বার্জিলিয়স-প্রস্তাবনার ব্যর্থতার কারণ নির্দেশে প্রস্তাব করেন যে—গ্যাসের ক্ষুদ্রতম কণা ও পরমাণুর মধ্যে পার্থক্য আছে, ইহা স্বীকার করিলে সমস্যার সমাধান সম্ভব। তিনি তাঁহার প্রস্তাবকে দুইটি ধারায় উপস্থাপিত করেন—

(১) পদার্থের (যেমন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস বা হাইড্রোজেন) স্বাধীন অস্তিত্বযুক্ত ক্ষুদ্রতম কণা হইতেছে **অণু** (molecules)। অণু বিভাজ্য।

(২) রাসায়নিক বিক্রিয়াকালে পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে, বা পদার্থের যে ক্ষুদ্রতম কণা এক পদার্থ হইতে অপর পদার্থে পুনর্বিন্যস্ত হয় (যেমন হাইড্রোজেন ও ক্লোরিণ হইতে হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে)—উহারা **পরমাণু**

(atoms)। পরমাণুরা সাধারণতঃ আলাদা আলাদা থাকে না ; দুই বা ততোধিক পরমাণু একত্রিত হইয়া অণুরূপে অবস্থান করে।

অণু ও পরমাণু-এই দুই প্রকার কণার কল্পনা করিয়া অ্যাভোগাড্রো বার্জিলিয়স-প্রস্তাবনা সংশোধন করেন ও এক নূতন প্রস্তাবনা উপস্থাপিত করেন। এই প্রস্তাবনাই কালে **'অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প'** (Avogadro's Hypothesis) নামে বিখ্যাত হইয়াছে।

অণুর ধারণা ঃ

চক্ সাদা রং-এর, স্বাদহীন গন্ধহীন একটি কঠিন পদার্থ ; উহা জলে গলে না ; উত্তাপে বা অ্যাসিড সংযোগে বিয়োজিত হইয়া CO_2 নির্গত করে। এক্ষণে, চকের একটি টুকরাকে ক্রমাগত ক্ষুদ্র হইতে ক্ষুদ্রতর অংশে ভাঙ্গিতে থাকিলে পরিশেষে (বাস্তবে নয়, কল্পনায়) চকের এমন একটি ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র অংশ পাওয়া যাইবে যাহার পর আরও ছোট টুকরা করিতে গেলে উহা আর চক থাকিবে না ; চক উহার গঠনকারী মৌলসমূহে (ক্যালসিয়াম, কার্বন, অক্সিজেন) বিভাজিত হইয়া যাইবে। চকের এই ক্ষুদ্রতম অংশ যাহাতে চকের সমস্ত ধর্ম বজায় থাকে এবং যাহাকে চক্ হিসাবে আর ভাঙ্গা যায় না, তাহাকে বলা হয় চকের **অণু। অণু হইতেছে পদার্থের (মৌলিক বা যৌগিক) ক্ষুদ্রতম অংশ, যাহা পদার্থের সমস্ত গুণ বা ধর্ম বজায় রাখিয়া একাকী স্বতন্ত্রভাবে অবস্থান করিতে পারে।**

ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র জল কণা মিলিয়া যেমন মহাসমুদ্রের সৃষ্টি করে তেমনি ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অণু কণা মিলিত হইয়া পদার্থের সৃষ্টি হয় এবং কোন পদার্থের ধর্ম উহার অণুরই ধর্ম ; একই পদার্থের অণু একই প্রকারের, ভিন্ন ভিন্ন পদার্থের অণু ভিন্ন ভিন্ন প্রকারের। অণুগুলি খুবই ছোট, এত ছোট যে উহাদের খালি চোখে দেখা ত দূরের কথা, এমন কি খুব শক্তিশালী অনুবীক্ষণ যন্ত্রের সাহায্যেও দেখা যায় না। সম্প্রতি শক্তিশালী ইলেকট্রন অনুবীক্ষণ-যন্ত্রের সাহায্যে (আলোকের পরিবর্তে ইলেকট্রন স্রোত ব্যবহৃত হয়) অতিকায় অণু দেখা সম্ভব হইয়াছে। 100 মিলিয়ন হাইড্রোজেন অণুকে পাশাপাশি সাজাইলে উহা মাত্র **এক সেন্টি** লম্বা হয়। এক মিলিলিটার জলে 334×10^{30} জলের অণু থাকে। প্রমাণ চাপ (760 মিমি) ও তাপমাত্রায় (0°C) **এক সিসি** গ্যাসে যত অণু (27×10^{18}) থাকে, প্রতি সেকেণ্ডে যদি 10টি করিয়া অণু গুণিয়া উঠা সম্ভব হয়, তবে এক সিসি গ্যাসের অণু গণিতে 86,000,000,000 বৎসর লাগিবে।

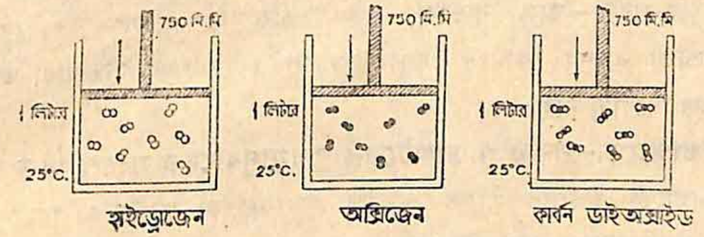
অণু খুবই ছোট পদার্থ কণিকা, কিন্তু উহারা অবিভাজ্য নয়। অণুকে ভাঙ্গিয়া আরও ছোট কণিকা পাওয়া যায় উহাদের বলে পরমাণু। পরমাণুরা একাকী থাকিতে

পারে না, (ব্যতিক্রম হিলিয়াম, আর্গন, মার্কারী বাষ্প ইত্যাদি) এক বা একাধিক পরমাণু পরস্পর মিলিয়া অণু গঠন করে এবং উহারা রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে। একই রকমের পরমাণু দ্বারা গঠিত মৌলের অণু এবং দুই বা ততোধিক বিভিন্ন পরমাণুর মিলনে যৌগের অণু গঠিত হয়।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প (Avogadro's Hyphothesis) ঃ

একই উষ্ণতা ও চাপে সম আয়তন সকল গ্যাসের (মৌল বা যৌগিক) মধ্যে সমসংখ্যক অণু থাকে।

অর্থাৎ, কোনো নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে একটি পাত্রকে ক্রমান্বয়ে বিভিন্ন গ্যাস— (মৌল বা যৌগিক গ্যাস) দ্বারা পূর্ণ করিলে পাত্রটিতে গ্যাস নির্বিশেষে সকল ক্ষেত্রেই একই সংখ্যক অণু থাকিবে (চিত্র, ৮)।

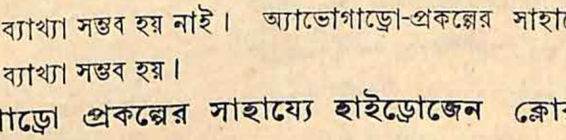


চিত্র, ৮

অ্যাভোগাড্রো- প্রকল্পের দ্বারা গ্যাসায়তন সূত্রের ব্যাখ্যা ঃ—

ডাল্টনের পরমাণুবাদ, বার্জিলিয়সের অনুসিদ্ধান্ত—কোনটিরই দ্বারা গ্যাসায়তন সূত্রের সুসংগত ব্যাখ্যা সম্ভব হয় নাই। অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে গ্যাসায়তন সূত্রের সুসংগত ব্যাখ্যা সম্ভব হয়।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপাদন ব্যাখ্যা ঃ



চিত্র, ৯

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে—একই উষ্ণতা ও চাপের অবস্থায় 1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপাদন করে (চিত্র, ৯)।

ধরা যাক—1 আয়তন হাইড্রোজেনের মধ্যে n সংখ্যক অণু আছে।

∴ n সংখ্যক হাইড্রোজেন অণু, n সংখ্যক ক্লোরিন অণুর সহিত যুক্ত হইয়া $2n$ সংখ্যক HCl গ্যাসের অণু উৎপাদন করে ; (অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প)।

বা হাইড্রোজেনের 1টি অণু ক্লোরিনের 1টি অণুর সহিত যুক্ত হইয়া—HCl গ্যাসের 2টি অণু উৎপন্ন করে।

হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন অণু দ্বিপরমাণুক ; অতএব হাইড্রোজেনের **2টি** পরমাণু ক্লোরিনের **2টি** পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের **2টি** অণু উৎপন্ন করে।

বা, হাইড্রোজেনের একটি পরমাণু ক্লোরিনের একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের একটি অণু উৎপন্ন করে।

এই যুক্তিধারায়—**অণু বিভাজ্য** এই সিদ্ধান্ত মাত্র প্রয়োগ করা হইয়াছে। পরমাণু বিভাজ্য বলিয়া কোথাও সিদ্ধান্ত হয় নাই। অতএব যুক্তিধারা ডাল্টনের পরমাণুবাদের বিরোধী নহে।

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প ও ডালটনের পরমাণুবাদের সংশোধিত রূপ :

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সহিত সামঞ্জস্য রক্ষা করিয়া ডাল্টনের পরমাণুবাদকে নিম্নোক্ত সংশোধিত-রূপে প্রকাশ করা যায়—

(১) পদার্থমাত্রই (মৌল বা যৌগিক) স্বাধীন অস্তিত্বসম্পন্ন বস্তুকণা অর্থাৎ অণুর সমষ্টি। অণুগুলি অবিভাজ্য পরমাণুর সমষ্টি।

(২) একটি নির্দিষ্ট বস্তুর সকল অণু সমধর্মী ও সমভরবিশিষ্ট, কিন্তু একটি বস্তুর অণু অপর একটি বস্তুর অণু হইতে সম্পূর্ণ ভিন্নধর্মী।

(৩) একটি মৌলের অণুর অন্তর্গত সকল পরমাণুগুলিই **অভিন্ন** কিন্তু যৌগিকের অণুর অন্তর্গত সকল পরমাণু **অভিন্ন নয়**।

(৪) দুই বা ততোধিক বস্তুর মধ্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার কালে সর্বপ্রথম প্রতিটি বিক্রিয়ক বস্তুর অণু পরমাণুতে বিশ্লিষ্ট হয় ; পরে ঐ পরমাণুগুলি নির্দিষ্ট সরল অনুপাতে পরস্পরের সহিত সংযুক্ত হইয়া নূতন অণু উৎপাদন করে। ফলে নূতন বস্তু বা বস্তুসমূহের সৃষ্টি হয়।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের গুণবিচার, গুরুত্ব ও উপযোগিতা : রসায়নে অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের অবদান :

পরমাণু ও অণুর ধারণা রসায়নের মূল ভিত্তি। এই দুইটি ধারণার প্রথম স্রষ্টারূপে রসায়নে ডাল্টন ও অ্যাভোগাড্রোর নাম চিরস্মরণীয়। ডাল্টনের অমর প্রতিভার স্বাক্ষর

যেমন পরমাণুবাদ, অ্যাভোগাড্রো-প্রতিভার তেমন অবিস্মরণীয় অবদান—অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প। পরীক্ষালব্ধ ফলাফলকে তত্ত্ব দ্বারা যে সামঞ্জস্য করিতে ডাল্টন, বার্জিলিয়স বা গে-লুস্যাক প্রভৃতি প্রখ্যাত বিজ্ঞানীরা বিফল হন—অ্যাভোগাড্রো তাঁহার প্রকল্পের প্রস্তাবনায় কেবলমাত্র সেই ব্যাখ্যায় যে সফল হন তাহাই নয়, তাহা ছাড়াও, এই প্রস্তাবনার ফলেই পরমাণুবাদের ত্রুটিগুলি সংশোধিত হইয়াছিল এবং তাত্ত্বিক রসায়নের নূতন বহু পথের ইংগিত ও শুভ সূচনা করিয়াছিল। উদাহরণ স্বরূপ বলা যায়, অ্যাভোগাড্রোর নির্ভুল ধারণার ফলেই মৌলের 'পারমাণবিক' ভার' এবং যৌগিকের আণবিক ভার নির্ধারণ করা সম্ভব হয়, মৌল ও যৌগিকের সঠিক সংকেত নিরূপণ, গ্যাসের আয়তন ও অণু-সংখ্যার যথার্থ সম্বন্ধ, এবং অণুগুলির প্রকৃত পারমাণবিক সংযুতি ইত্যাদি বহু মূল্যবান তথ্য নির্ধারণ করা সম্ভব হয়। তবে আশ্চর্যের কথা অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের গুরুত্বের সঠিক ও পূর্ণ মূল্যায়ন তাঁহার মৃত্যুর পরে (প্রকল্প উত্থাপন কালের 47 বৎসর পরে) বিখ্যাত কানিজারোর পরীক্ষার ফলেই সম্ভব হইয়াছিল।

অবশ্য, অ্যাভোগাড্রোর মূল-প্রস্তাবনার সত্যতাকে প্রত্যক্ষ পরীক্ষার দ্বারা অর্থাৎ কোন গ্যাসের নির্দিষ্ট আয়তনে কত অণু আছে তাহা সরাসরি গণনা করিয়া প্রমাণ করা সম্ভব হয় নাই ; কারণ 2 গ্রাম H_2 বা 32 গ্রাম O_2 এ যত H_2 বা O_2 অণু থাকে, তাহা গণিতে প্রতি সেকেণ্ডে একটি করিয়া অণু গনিলে 10^{16} বৎসর লাগিবে। তবুও এই প্রস্তাবনাকে সত্য বলিয়া গ্রহণ করিলে উহার অনুসিদ্ধান্তগুলি **সকল ক্ষেত্রেই** সত্য বলিয়া প্রমাণিত হইয়াছে এবং কোনো ক্ষেত্রেই অ্যাভোগাড্রো-প্রস্তাবনার বিরুদ্ধে কোনো তথ্য পাওয়া যায় নাই। সেই কারণেই পরোক্ষভাবে অ্যাভোগাড্রো-প্রস্তাবনা স্বীকৃত; এবং প্রকৃতপক্ষে এই নির্ভুল প্রস্তাবনাই রসায়নের পরবর্তী উন্নতিকে দ্রুততর করিয়াছিল।

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের ফলেই—

(১) রসায়নে সর্বপ্রথম 'অণু'র ধারণার উৎপত্তি হয় এবং অণু ও পরমাণুর পার্থক্যের উপলব্ধি হয় ;

(২) গে-লুস্যাকের গ্যাসায়তন-সূত্রের সুসংগত ব্যাখ্যা সম্ভব হয় ;

(৩) আয়তনিক বিশ্লেষণের সাহায্যে গ্যাসের 'আণবিক সংকেত' (molecular formula) নিরূপণ সম্ভব হয় ;

(৪) মৌলগুলির 'পারমাণবিক ভার' নির্ধারণের প্রণালী উদ্ভাবিত হয়, এবং নিম্নলিখিত গুরুত্বপূর্ণ অনুসিদ্ধান্তগুলির প্রবর্তন হয় :—

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের অনুসিদ্ধান্ত ঃ

(১) মৌল গ্যাসের (যেমন হাইড্রোজেন ক্লোরিন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ,ক্লোরিন ইত্যাদি) অণু-দ্বিপরমাণুক।

(২) যে কোনো গ্যাসের আণবিক ভার উহার গুরুত্বের দ্বিগুণ।

(৩) একই উষ্ণতা ও চাপে সকল গ্যাসেরই গ্রাম-আণবিক আয়তন (gram molecular volume) এক ; এবং প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে সকল গ্যাসেরই গ্রাম-আণবিক আয়তন 22·4 লিটার।

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প হইতে অনুসিদ্ধান্তগুলির প্রবর্তন ঃ

১। (ক)—**হাইড্রোজেন** বা ক্লোরিনের অণু –দ্বিপরমাণুক

প্রকৃত পরীক্ষায় দেখা যায় যে—

1 আয়তন হাইড্রোজেন 1 আয়তন ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তন হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস উৎপন্ন করে।

ধরা যাক—1 আয়তন হাইড্রোজেন বা 1 আয়তন ক্লোরিনে 'n' অণু আছে।

∴ হাইড্রোজেনের 'n' অণু ক্লোরিনের 'n' অণুর সহিত যুক্ত হইয়া –হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের $2n$ অণু উৎপন্ন করে।

বা, হাইড্রোজেনের 1টি অণু, ক্লোরিনের 1টি অণুর সহিত যুক্ত হইয়া—হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের 2টি অণু উৎপন্ন করে।

এখন যেহেতু –হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের **সমবায়ে** গঠিত, অতএব হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের প্রতিটি অণুতে উভয়ের **অন্ততঃ 2টি** করিয়া পরমাণু অবশ্যই থাকিবে। অতএব, 2টি হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের অণুতে **অন্তত 2টি** হাইড্রোজেনের পরমাণু ও **2টি** ক্লোরিনের পরমাণু থাকিবে। এই 2টি হাইড্রোজেন পরমাণুর উৎস নিশ্চয়ই, পূর্বোক্ত হাইড্রোজেনের 1টি অণু ; এবং 2টি ক্লোরিন পরমাণুর উৎসও অবশ্যই পূর্বোক্ত 1টি ক্লোরিনের অণু। **অতএব,** হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন অণু **অন্ততঃ 2টি পরমাণুর** সমষ্টি।

আবার দেখা যায় যে, হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের হাইড্রোজেন অংশ, **ধাতু** দ্বারা (যেমন সোডিয়ম) প্রতিস্থাপন করিতে গেলে—**একবার মাত্র** প্রতিস্থাপন সম্ভব এবং শমিত লবণই (normal salt) সৃষ্টি হয় মাত্র ; H_2SO_4, H_2CO_3, H_3PO_4 প্রভৃতি অ্যাসিডের H অংশের কিন্তু একাধিকবার প্রতিস্থাপন ঘটে এবং অর্ধ-শমিত লবণও পাওয়া যায় ; HCl-এর বেলায়, কোনো ক্ষেত্রেই ঐরূপ একাধিকবার প্রতিস্থাপন ঘটে না বলিয়া অবশ্যই সিদ্ধান্ত করিতে হয় যে HCl-এর অণুতে, **1টি মাত্র**

হাইড্রোজেনের পরমাণু আছে। ক্লোরিনের ক্ষেত্রেও ঐরূপ একই সিদ্ধান্তে উপনীত হইতে হয়। অতএব, পূর্বোক্ত যুক্তি অনুসারে সিদ্ধান্ত করিতে হয় যে,—হাইড্রোজেন এবং ক্লোরিন অণু **2টি** এবং **2টি মাত্রই** পরমাণুর সমষ্টি। অর্থাৎ হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের অণু—দ্বিপরমাণুক।

[হাইড্রোজেনের অণু যে দ্বিপরমাণুক, এই সিদ্ধান্তের স্বপক্ষে আরো উল্লেখ করা যায় যে—(১) অন্য গ্যাসের সহিত বিক্রিয়া-কালে, 1 আয়তন হাইড্রোজেন কখনোই 2 আয়তনের অধিক অন্য গ্যাস উৎপন্ন করে না ; (২) কোনো রাসায়নিক বিক্রিয়াতেই হাইড্রোজেনের অণুর দুইটির অধিক অংশে বিভাজনের প্রমাণ পাওয়া যায় নাই ; এবং (৩) অন্যান্য দ্বি-পরমাণুক গ্যাসের ন্যায় হাইড্রোজেনের **আপেক্ষিক তাপের অনুপাত** (Ratio of specific heat (i.e, C_p/C_v) = 1·408]

(খ) অক্সিজেন অণু—দ্বিপরমাণুক ঃ

পরীক্ষার ফলে জানা যায়,—

2 আয়তন হাইড্রোজেন, **1** আয়তন অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া—2 আয়তন ষ্টিম উৎপন্ন করে।

অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগ করিলে পূর্বোক্ত উদাহরণের ন্যায় প্রমাণ করা যায় যে, অক্সিজেনের অণু সম্ভবতঃ **2টি পরমাণুর** সমষ্টি। এখন যেহেতু ষ্টীমের অণু হইতে অক্সিজেনকে ক্লোরিনদ্বারা **একবার মাত্রই প্রতিস্থাপন** করা চলে, অতএব নিশ্চিত সিদ্ধান্ত করা যায় যে, ষ্টীমের একটি অণুর মধ্যে **2টি মাত্র** অক্সিজেন পরমাণু আছে।

অতএব অক্সিজেনের অণু দ্বিপরমাণুক, এবং ইহার আণবিক সংকেত O_2

এইরূপ ভাবে, প্রমাণ করা চলে যে, **যে কোনো মৌল গ্যাস যথা নাইট্রোজেন, ক্লোরিন ইত্যাদি (ওজোন ও নিষ্ক্রিয় গ্যাসবর্গ ব্যতীত), অণুগুলি দ্বিপরমাণুক।**

২। গ্যাসের আণবিক ভর (molecular weight) **উহার আপেক্ষিক গুরুত্বের** (density) **(হাইড্রোজেনের আপেক্ষিকে) দ্বিগুণ।**

একই উষ্ণতা ও চাপে, একই আয়তন গ্যাসের ও হাইড্রোজেনের ওজনের অনুপাতকে গ্যাসটির গুরুত্ব (যথাযথ বলিলে আপেক্ষিক গুরুত্ব) বলা হয়।

গ্যাসের গুরুত্বকে (density) D ধরিলে সংজ্ঞানুযায়ী—

$$D = \frac{x \text{ আয়তন গ্যাসের ওজন}}{x \text{ আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}} \quad \text{(একই উষ্ণতা ও চাপের অবস্থায়)}$$

ধরা যাক x আয়তন গ্যাসে 'n' সংখ্যক অণু আছে। অতএব, অ্যাভোগাড্রো প্রকল্প অনুযায়ী—

$$D=\frac{\text{গ্যাসের } n \text{ অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের } n \text{ অণুর ওজন}}=\frac{n\times \text{গ্যাসের 1টি অণুর ওজন}}{n\times \text{হাইড্রোজেনের 1 টি অণুর ওজন}}$$

$$=\frac{\text{গ্যাসের 1 টি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 1টি অণুর ওজন}}$$

$$=\frac{\text{গ্যাসের 1টি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 2টি পরমাণুর ওজন}}\ (\because \text{ হাইড্রোজেনের অণু—দ্বিপরমাণুক})$$

$$\text{বা } 2\times D=\frac{\text{গ্যাসের 1টি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের 1টি পরমাণুর ওজন}}$$

= গ্যাসের আণবিক ভার (molecular weight) (সংজ্ঞানুযায়ী)

দ্রষ্টব্য : অর্থাৎ পূর্বোক্ত অনুসিদ্ধান্ত অনুযায়ী, কোনো গ্যাসের আণবিক ভর নির্ধারণ করিতে হইলে প্রথমে প্রকৃত পরীক্ষা দ্বারা উহার গুরুত্ব নির্ধারণ করা হয়, পরে ঐ গুরুত্বকে 2 দ্বারা গুণ করিলে আণবিক ভর পাওয়া যায়।

পূর্বোক্ত অনুসিদ্ধান্তটি হইতে আর একটি গুরুত্বপূর্ণ সিদ্ধান্তও করা যায়—

$$D=\frac{\text{প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে কোন গ্যাসের নির্দিষ্ট আয়তনের ওজন}}{\text{,, ,, ,, সম-আয়তন হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$=\frac{\text{প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{,, ,, ,, 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$=\frac{\text{প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{,, ,, ,, 1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

$$=\frac{\text{প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার গ্যাসের ওজন}}{\text{·08986 গ্রাম}}$$

= প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার গ্যাসের ওজন

= ইহার গুরুত্ব × 0·8986 গ্রাম = ইহার গুরুত্ব × ·09 গ্রাম (আসন্ন মান)

৩। অনুরূপ উষ্ণতা ও চাপে সকল গ্যাসেরই গ্রাম-আণবিক আয়তন একই হয় এবং প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে—ঐ আয়তন 22·4 লিটার হয়।

কোন গ্যাসের আণবিক ভারকে গ্রামে প্রকাশ করিলে যে ওজন হয়, ঐ ওজনকে **গ্রাম-আণবিক ভার** (gm. mol. wt.) এবং ঐ পরিমাণ গ্যাসের আয়তনকে

গ্রাম-আণবিক আয়তন (gm. mol. volume) বলা হয় অর্থাৎ, 2 গ্রাম হাইড্রোজেন, 32 গ্রাম অক্সিজেন, 17 গ্রাম অ্যামোনিয়া, 44 গ্রাম CO_2, 64 গ্রাম SO_2 প্রভৃতির আয়তনকে যথাক্রমে উহাদের গ্রাম-আণবিক আয়তন বলা হয়।

পরীক্ষায় দেখা যায় যে, প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে—1 লিটার হাইড্রোজেনের ওজন = ·089 গ্রাম।

বা ·089 গ্রাম H_2র আয়তন প্রমাণ-উষ্ণতায় ও চাপে 1 লিটার

বা 1 " " " " " $\frac{1}{\cdot 089}$ "

বা 2 " " " " " $\frac{2}{\cdot 089}$ "

= 22·4 "

কিন্তু হাইড্রোজেনের গ্রাম-আণবিক ভার = 2 গ্রাম। **অতএব, প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে হাইড্রোজেনের গ্রাম আণবিক আয়তন 22·4 লিটার।**

এইরূপ ভাবে প্রমাণ করা যায় যে প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে সকল গ্যাসের গ্রাম-আণবিক আয়তন = 22·4 লিটার।

বিকল্প প্রণালী

(প্রমাণ অবস্থায়) 1 লিটার গ্যাসের ওজন = গ্যাসটির গুরুত্ব × ·089 গ্রাম

$$= \frac{M}{2} \times \cdot 089 \quad [M = \text{আঃ ভাঃ}]$$

$\therefore$ $\frac{M}{2} \times \cdot 089$ গ্রাম গ্যাসের আয়তন 1 লিটার

বা M গ্রাম গ্যাসের " $\frac{2}{\cdot 089} = 22 \cdot 4$ লিটার

অতএব গ্যাসের গ্রাম আণবিক আয়তন = 22·4 লিটার [প্রমাণ অবস্থায়]

৪। আয়তনিক সংযুতি হইতে আণবিক সংকেত নির্ধারণ :

একটি গ্যাসের আয়তনিক সংযুতি ও গুরুত্ব হইতে অ্যাভেগাড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগ দ্বারা গ্যাসটির আণবিক সংকেত নিরূপণ করা সম্ভব।

উদাহরণ-স্বরূপ—নাইট্রাস অক্সাইডের কথা ধরা যাক :

পরীক্ষায় জানা গিয়াছে যে—নাইট্রাস অক্সাইডের মধ্যে সম-আয়তন N_2 আছে।

$\therefore$ 1 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে—1 আয়তন নাইট্রোজেন থাকে।

ধরা যাক—1 আয়তন নাইট্রাস অক্সাইডে—n সংখ্যক অণু আছে।

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের n অণুর মধ্যে—নাইট্রোজেনের n অণু থাকে।

বা, ,, ,, 1টি ,, ,, — ,, 1টি ,, ,,

কিন্তু মৌল গ্যাস নাইট্রোজেনের অণু—দ্বিপরমাণুক (অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প)

∴ নাইট্রাস অক্সাইডের 1টি অণুর মধ্যে নাইট্রোজেনের 2টি পরমাণু থাকে।

অক্সিজেন পরমাণু-সংখ্যাকে x ধরিয়া,—ধরা যাক নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সংকেত $= N_2Ox$; এখন, xএর মান নির্ধারণ করিতে হইবে।

হাইড্রোজেনের আপেক্ষিকে নাইট্রাস অক্সাইডের গুরুত্ব = 22।

নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক ভার $= 2 \times 22 = 44$ (অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প)

অর্থাৎ, N_2Oxএর মধ্যে—N ও O এর সম্মিলিত পরমাণুর ভার = 44

এখন নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ভার = 14 ; এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক ভার = 16 অর্থাৎ, $2 \times 14 + 16x = 44$ বা $x = 1$

অতএব, নাইট্রাস অক্সাইডের আণবিক সংকেত $= N_2O$।

আণবিক ওজন বা ভার (Molecular weight)

একাধিক পরমাণুর মিলনে অণুর সৃষ্টি। সুতরাং অণুস্থিত পরমাণুসমূহের ভারের সমষ্টিই পদার্থের অণুর ভার। যেমন হাইড্রোজেনের অণু উহার দুইটি পরমাণু সমন্বয়ে গঠিত ; কাজেই হাইড্রোজেনের অণুর ওজন দুইটি পরমাণুর ওজনের সমান। পরমাণু আকারে ও ওজনে নিতান্তই ক্ষুদ্র ; সুতরাং অণুও আকারে, ওজনে অত্যন্ত ক্ষুদ্র। হাইড্রোজেন, জল, লবণ, চিনি প্রভৃতির অণুর প্রকৃত ওজন (গ্রামে) যথাক্রমে :

হাইড্রোজেন	জল	লবণ	চিনি
$3{\cdot}34 \times 10^{-24}$;	$2{\cdot}29 \times 10^{-23}$;	$9{\cdot}71 \times 10^{-23}$;	$5{\cdot}68 \times 10^{-22}$ গ্রাম

এত ক্ষুদ্র ওজন ব্যবহারিক ক্ষেত্রে খুবই অসুবিধাজনক ; সেইজন্য পারমাণবিক ওজনের মত অণুরও আপেক্ষিক ওজন ব্যবহার করা হয় এবং এই পরিমাপে একই একক লওয়া হয়। স্থূলবিচারে কোন পদার্থের একটি অণু একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর তুলনায় যতগুণ ভারী সেই সংখ্যাকেই পদার্থটির আণবিক ভার বলা হয়।

$$\therefore \text{ আণবিক ভার} = \frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের একটি পরমাণুর ওজন}}$$

সুতরাং অণুর অন্তর্গত ভিন্ন ভিন্ন পরমাণুর পাঃ ভার যোগ করিলেই অণুর আণবিক ভার পাওয়া যাইবে। এইভাবে জলের H_2O ক্ষেত্রে $2H = 2 \times 1 = 2$; $O = 16$, অতএব আঃ ভার$(M) = 2 + 16 =$ অনুরূপভাবে চিনির ($C_{12}H_{22}O_{11}$) আণবিক ভার $= 12C + 22H + 11O = 12 \times 12 + 22 \times 1 + 11 \times 16 = 342$

বর্তমানে হাইড্রোজেনের পরিবর্তে কার্বন 12 পরমাণুর ওজনের $\frac{1}{12}$ অংশকে একক হিসাবে ধরা হয় ; সেই হিসাবে কোন পদার্থের একটি অণু কার্বন-12 পরমাণুর $\frac{1}{12}$ অংশের তুলনায় যতক্ষণ ভারী তাহাই পদার্থটির আণবিক ভার।

$$\text{আণবিক ভার} = \frac{\text{পদার্থের একটি অণুর ভার}}{\text{কার্বন - 12 পরমাণুর ভারের } \frac{1}{12} \text{ অংশ}}$$

পাঃ ভার ওজনের অনুপাত ; সুতরাং ইহা একটি সংখ্যা ; ইহার কোন একক নাই। ক্লোরিনের আঃ ভার 71 অর্থে বুঝায়, যে এককের পরিমাপে কার্বনের ভার 12, সেই পরিমাপে ক্লোরিনের ভার 71.

অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের ভিত্তিতে আণবিক ভারের সংজ্ঞা : (Definition of molecular weight based on Avogadro's hypothesis) :

(1) একই উষ্ণতা ও চাপে ওজন অনুপাতে 2 ভাগ হাইড্রোজেন যে আয়তন অধিকার করে, সেই আয়তন অধিকার করিতে (গ্যাসীয় অবস্থায়) পদার্থটির যে ওজন প্রয়োজন হয়, তাহাই পদার্থটির আণবিক ভার।

(2) পদার্থের আণবিক ভার বলিতে এমন একটি সংখ্যা বুঝায় যাহা পদার্থটির যত গ্রাম ওজন গ্যাসীয় অবস্থায় উহার 22·4 লিটার (প্রমাণ চাপ ও তাপ-মাত্রায়) আয়তনের ওজনের সমান হয়।

অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা : (Avogadro Number) : মোলের ধারণা (Mole concept) :

কোন পদার্থের আণবিক ওজন যত ঐ পদার্থের তত গ্রাম ওজনকে পদার্থের **গ্রাম আণবিক ভার** (gram molecular weight) **বলে**। গ্রাম আণবিক ভারকে গ্রাম-অণু (gram molecule) বা মোল (mole) বলা হয়। অথবা 12 গ্রাম C-12এ যত সংখ্যক কার্বন পরমাণু আছে তত সংখ্যক কণা (পরমাণু বা অণু) কোন পদার্থের যত গ্রামে বর্তমান, তাহাই পদার্থের গ্রাম-অণু বা **মোল**। জলের আণবিক ওজন 18 ; অতএব 18 গ্রাম জলকে জলের এক গ্রাম অণু বা মোল বলে। একই ভাবে অ্যামোনিয়ার এক গ্রাম অণু বলিতে বুঝায় 17 গ্রাম অ্যামোনিয়াকে, যেহেতু অ্যামোনিয়ার আণবিক ওজন 17 ;

হাইড্রোজেনের আঃ ওজন 2 ; এক গ্রাম অণু বা এক মোল হাইড্রোজেন বলিতে 2 গ্রাম হাইড্রোজেনকে বুঝাইবে। একটি হাইড্রোজেন পরমাণুর প্রকৃত বা পরম ওজন (absolute weight)। ধরা যাক x গ্রাম, (x অবশ্যই অত্যন্ত ছোট সংখ্যা)। তাহা হইলে একটি হাইড্রোজেন অণুর প্রকৃত ওজন $2x$ গ্রাম।

[যে কোন গ্যাসের আণবিক ভার (আঃ ভাঃ) = $\frac{\text{একটি অণুর ভার}}{x}$]

বা যে কোন গ্যাসের একটি অণুর ভার = আঃ ভাঃ × x গ্রাম]

অতএব $2x$ গ্রাম হাইড্রোজেনে অণুর সংখ্যা = 1

. 2 গ্রাম (একগ্রাম অণু) „ „ $\frac{2}{2x} = \frac{1}{x}$

অক্সিজেন আঃ ভাঃ 32 ; একটি অক্সিজেন অণুর ভার − 32 × x গ্রাম

$32x$ গ্রাম অক্সিজেনে অণুর সংখ্যা = 1

32 গ্রাম (এক গ্রাম অণু) „ $\frac{32}{32x} = \frac{1}{x}$ গ্রাম

গ্যাস	আঃ ভাঃ	একটি অণুর ভার	গ্রাম অণু বা মোল	এক মোল অণুর সংখ্যা
অক্সিজেন	32	$32x$	32 গ্রাম	$1/x$
হাইড্রোজেন	2	$2x$	2 গ্রাম	$1/x$
কার্বন ডাইঅক্সাইড	44	$44x$	44 গ্রাম	$1/x$
অ্যামোনিয়া	17	$17x$	17 গ্রাম	$1/x$

যত গ্যাসই বিবেচনা করা যাক্ না কেন উহাদের এক মোলে গ্যাসটির অণুর সংখ্যা হইবে $1/x$ অর্থাৎ কোন গ্যাসের এক মোলে সমান সংখ্যক অণু রহিয়াছে। এই সংখ্যাকে বলে **অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা**, ইহার মান $6{\cdot}02 \times 10^{23}$

আবার কোন মৌলের পারমাণবিক ওজন যত ঐ মৌলের তত **গ্রাম ওজনকে** মৌলের এক গ্রাম পারমাণবিক ভার (gram atomic weight) বলে। গ্রাম পারমাণবিক ভারকে গ্রাম পরমাণু (gram atom) বা এক মোল পরমাণু (**a mole of** atoms) বলে। হাইড্রোজেনের পাঃ ওজন 1·008 ; অতএব হাইড্রোজেনের গ্রাম পরমাণু 1·008 গ্রাম। তদ্রূপ সালফারের গ্রাম পরমাণু বলিতে বুঝায় 32 গ্রাম সালফারকে।

যে কোন মৌলের এক গ্রাম পরমাণুতে পরমাণুর সংখ্যাও সমান।

এক গ্রাম অণু বা এক মোল কোন যৌগে অণুর সংখ্যা কিংবা এক গ্রাম পরমাণু (বা এক মোল পরমাণু) কোন মৌলে পরমাণুর সংখ্যা সমান এবং তাহা হইল $6{\cdot}02 \times 10^{23}$। এই সংখ্যাকে বলে অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা। সুতরাং এক গ্রাম অণু যৌগে যতগুলি অণু বা এক গ্রাম পরমাণু মৌলে যতগুলি পরমাণু আছে সেই

সংখ্যাকেই অ্যাভোগাড্রো সংখ্যা বলে। এই সংখ্যাটি একটি ধ্রুবক এবং ইহার সংকেত N। এই $N = 6{\cdot}02 \times 10^{23}$। অনেক ক্ষেত্রে ইহাকে অ্যাভোগাড্রো ধ্রুবকও (Avogadro's Constant) বলা হইয়া থাকে। ভৌত বিজ্ঞান চর্চায় এই সংখ্যাটি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ।

রাসায়নিক গণনায় মোলের ধারণার (mole concept) একটি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রহিয়াছে। অণু, পরমাণু রসায়নের প্রাথমিক কণিকা। বিভিন্ন বস্তুর সংখ্যা গণনায় যে ডজন (12টা), কুড়ি (score) প্রভৃতি বিভিন্ন একক ব্যবহৃত হইয়া থাকে, তেমনি অণু, পরমাণু, আয়ন প্রভৃতির সংখ্যা গণনায় মোল একক ব্যবহৃত হয়।

উদাহরণ : 1 (i) একটি কার্বন পরমাণু ও একটি সিলভার পরমাণুর ভার কত? (কার্বন = 12·00, সিলভার = 107·87)

(ii) $19{\cdot}9 \times 10^{-6}$ গ্রাম কার্বনে কত কার্বন পরমাণু আছে?

এক মোল কার্বন পরমাণুর ভার = 12 গ্রাম

বা $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ কার্বন পরমাণুর ভার = 12 গ্রাম।

1টি " " $\dfrac{12}{6{\cdot}02 \times 10^{-23}} = 1{\cdot}99 \times 10^{-23}$ গ্রাম।

এক মোল বা $6{\cdot}02 \times 10^{23}$ সিলভার পরমাণুর ভার = 107·87 গ্রাম।

1টি " " " $\dfrac{107{\cdot}87}{6{\cdot}02 \times 10^{-23}}$ গ্রাম।

$= 17{\cdot}93 \times 10^{-23}$ গ্রাঃ

(ii) একটি কার্বন পরমাণুর ভার $= 1{\cdot}99 \times 10^{-23}$ গ্রাম অর্থাৎ

$1{\cdot}99 \times 10^{-23}$ গ্রামে থাকে একটি কার্বন পরমাণু

1 " " $\dfrac{1}{1{\cdot}99 \times 10^{-23}}$

$19{\cdot}9 \times 10^{-6}$ " " $\dfrac{1 \times 19{\cdot}9 \times 10^{-6}}{1{\cdot}99 \times 10^{-23}} = 10^{18}$ পরমাণু

2. 1·7031 গ্রাম অ্যামোনিয়াতে কত মোল অ্যামোনিয়া আছে? উহাতে অণুর সংখ্যা কত? 0·5 মোল আমোনিয়ার গ্রামে ওজন কত?

(i) অ্যামোনিয়ার আণবিক ভার $= 14{\cdot}007 + 3 \times 1{\cdot}008 = 17{\cdot}031$

17·031 গ্রাম অ্যামোনিয়া = এক মোল ;

1·7031 গ্রাম অ্যামোনিয়া $= \dfrac{1{\cdot}7031}{17{\cdot}031} = 0{\cdot}1$ মোল ;

(ii) এক মোল অ্যামোনিয়াতে অণুর সংখ্যা 6.02×10^{23}

0·1 „ „ $0.1\times6.02\times10^{23}=6.02\times10^{22}$

(iii) এক মোল অ্যামোনিয়া $=17.031$ গ্রাম

0·5 „ „ $=17.031\times5=5.515$ গ্রাম।

3. (i) 0·25 গ্রাম পরমাণু ক্লোরিন গ্যাসের আয়তন প্রমাণ অবস্থায় কত ?

(ii) কোন পদার্থের 4টি অণু ঐ পদার্থের কত মোল ?

(iii) 1 লিটার বিশুদ্ধ জলে কত মোল জল আছে ? জলের ঘনত্ব 1 গ্রাম প্রতি মিলিলিটার।

(i) প্রমাণ অবস্থায় 1 গ্রাম অণু ক্লোরিনের আয়তন $=22.4$ লিটার

„ 1 গ্রাম পরমাণু „ „ $22.4\div2=11.2$ লিটার

[$\because$ ক্লোরিন অণু দ্বিপরমাণুক]

$\therefore$ 0·25 অণু „ „ $11.2\times0.25=2.8$ লিটার

(ii) কোন পদার্থের 6.021×10^{23} অণু ঐ পদার্থের 1 মোল

4 অণু „ $\dfrac{4}{6.021\times10^{23}}$

$=6.64\times10^{-24}$ মোল

(iii) এক লিটার জলের ওজন $=\dfrac{1 \text{ গ্রাঃ}}{\text{মি. লি.}}\times1000$ মিলি $=1000$ গ্রাঃ

18 গ্রাম জলে $=1$ মোল জল

1000 গ্রাম জলে $\dfrac{1000 \text{ গ্রাম}}{18 \text{ গ্রাম}}=55.55$ মোল জল

অনুশীলনী

1. অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পটি বিবৃত কর এবং ব্যাখ্যা কর। ইহার সাহায্যে প্রমাণ কর যে

(i) হাইড্রোজেন অণু দ্বিপরমাণুক।

(ii) $M=2D$, ($M=$ আণবিক ভার, $D=$ আপেক্ষিক ঘনত্ব)

(iii) প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় যে কোন গ্যাসের গ্রাম অণু আয়তন 22·4 লিটার।

2. (i) 27°C উষ্ণতা ও 760 মি. মি. চাপে 300 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন কত ?

[0·245 গ্রাম]

ii) 0°C ও 722 মিমি চাপে 20 লিটার কার্বনডাই অক্সাইডের ওজন কত ? [37·32 গ্রাম]

(iii) 0·78 গ্রাম ওজনের কোন গ্যাসের আয়তন 27°C উষ্ণতা ও 760 মি. মি. চাপে 300 সি. সি.। গ্যাসটির একটি মোলের ভার কত ? [64গ্রাম]

(iv) 20°C উষ্ণতা ও 7.4×10^{2} মিমি চাপে 20 সিসি একটি গ্যাসের ওজন 0·230 গ্রাম। গ্যাসটির আণবিক ভার কত ? [285]

(v) 1 অ্যাটমস্ফিয়ার চাপ ও 23°C উষ্ণতায় একটি গ্যাসের আয়তন 5 লিটার। গ্যাসটির আণবিক ভার 32 হইলে ঐ আয়তনে কত গ্রাম মোল গ্যাস আছে ? [0·2058 গ্রাম মোল]

(vi) 87°3 সেমি চাপ ও 120°C তাপমাত্রায় 0·476 লিটার কোন গ্যাসে কত গ্রাম অণু গ্যাস ও কত অণু গ্যাস বর্তমান ? [0·017 ; 1.02×10^{22}]

3. রাসায়নিক সংযোগের গ্যাস আয়তন সূত্রটি লিখ এবং একটি উদাহরণের সাহায্যে সূত্রটি ব্যাখ্যা কর। সূত্রটি কি নামে আখ্যাত ?

4. অ্যাভোগাড্রো সংখ্যাটি কি ? উহার মান কত ?

(a) 1 মিলি জল, (b) 10 গ্রাম মার্বেল পাথর ($CaCO_3$) (c) 44 গ্রাম CO_2 (d) S.T.P. তে এক লিটার O_2 তে কত অণু আছে ? [3.34×10^{22}, 6.02×10^{22}, 6.02×10^{23}, 2.7×10^{22}]

(i) 0·04 গ্রাম ওজনের এক ফোঁটা জলে কত অণু আছে ? [1.338×10^{21}]

(ii) 0·25 গ্রাম পরমাণু ক্লোরিণ গ্যাসের প্রমাণ অবস্থায় আয়তন কত ? [2·8 লিটার]

(iii) অক্সিজেনের একটি অণুর ওজন কত ? [5.3×10^{-23} গ্রাম]

(iv) এক গ্রাম ম্যাগনেসিয়াম অতিরিক্ত সালফিউরিক অ্যাসিডে বিক্রিয়া করিলে উদ্ভূত হাইড্রোজেন অণুর সংখ্যা কত হইবে ? [2.5×10^{22}]

(v) প্রমাণ অবস্থায় 1 লিটার অক্সিজেন অণুর সংখ্যা কত ? [2.7×10^{22}]

(vi) 10 গ্রাম ম্যাগনেশিয়াম, 20 গ্রাম আয়রন, 40 সিলভার কোনটায় সবচেয়ে কম পরমাণু আছে এবং উহার সংখ্যা কত ? [2.16×10^{23}]

(vii) অজ্ঞাত কোন একটি মৌলের 0·15 গ্রাম পরমাণুর ভার 39 ; মৌলটির পারমাণবিক ভার কত ? [260]

(viii) অজ্ঞাত কোন একটি গ্যাসীয় যৌগের ঘনত্ব 20°C উষ্ণতায় ও 740 মিমি চাপে 4·81 গ্রাম প্রতি লিটার। গ্যাসটির আণবিক ভার কত ? [119]

5. একটি ক্যালসিয়াম পরমাণুর চরম ভার কত ? 10 গ্রাম Ca তে কত পরমাণু ও কত গ্রাম পরমাণু Ca আছে (Ca=40·008) [6.66×10^{-23} গ্রা: 1.51×10^{23} পরমাণু ; 0·25 গ্রাম পরমাণু]

(ii) (a) 50 গ্রাম Fe, (b) 5 গ্রা: পরমাণু N_2, (c) 10 গ্রা: পরমাণু Ag, (d) 1×10^{25} রেডিয়াম পরমাণু—কোন ওজন সর্বাপেক্ষা বেশী এবং কত ?

(iii) 8·10 গ্রা: $C_6H_{10}O_5$ এ (a) কত মোল $C_6H_{10}O_5$, (b) কত অণু $C_6H_{10}O_5$ (c) কত গ্রাম পরমাণু কার্বন, আছে ? [0·0500 মোল ; 3.00×10^{22} অণু, 0·300 গ্রাম পরমাণু]

(iv) নীচের কোনটির মধ্যে সবচেয়ে বেশী সংখ্যক পরমাণু আছে ? (a) 0·50 গ্রা: পরমাণু Cu, (b) 0·635 গ্রা: Cu, (c) 1.0×10^{23} পরমাণু Cu. [0·60 গ্রা: পরমাণু Cu]

(v) নীচের কোনটির মধ্যে সবচেয়ে কম সংখ্যক অণু আছে ? (a) প্রমাণ অবস্থায় 11·2 লিটার SO_2 গ্যাস, (b) 1.0×10^{23} অণু SO_2 গ্যাস (c) এক গ্রাম অণু SO_2 গ্যাস ? [1×10^{23} অণু]

6. (i) 10·0 গ্রাম সোডিয়াম ক্লোরাইডে (a) কত মোল (mole) সোডিয়াম ক্লোরাইড, (b) কত গ্রাম পরমাণু সোডিয়াম (c) কত গ্রাম পরমাণু ক্লোরিন, (d) কত গ্রাম সোডিয়াম, (e) কত গ্রাম ক্লোরিন, (d) কত পরমাণু সোডিয়াম আছ? [0·171, 0·171, 0·171, 3·93, 6·07, $1·0 \times 10^{23}$]

(ii) 18·0 গ্রাম $C_6H_{12}O_6$ ও $2·4 \times 10^{22}$ অণু $C_6H_{12}O_6$ এ কত মোল $C_6H_{12}O_6$ বর্তমান? কত মোল $C_6H_{12}O_6$ এ 0·30 গ্রাম পরমাণু কার্বন এবং $2·0 \times 13^{23}$ পরমাণু হাইড্রোজেন আছে?

[0·100, 0·040 ; 0·050, 0·028)

(iii) (a) 0·35 গ্রাম পরমাণু আয়রন, 0·525 গ্রাম পরমাণু অক্সিজেনের সহিত ; (b) $3·0 \times 10^{23}$ পরমাণু আয়রন 0·667 গ্রাম অক্সিজেনর এবং (c) 5·58 গ্রাম আয়রন $6·0 \times 10^{22}$ পরমাণু অক্সিজেন সহিত সংযুক্ত হয়। এই পরিমাণগুলি হইতে আয়রন অক্সাইড ত্রয়ের সংকেত নির্ণয় কর।

(Fe_2O_3, Fe_3O_4, FeO)

(iv) কার্বন ডাই অক্সাইডে সমায়তন অক্সিজেন আছে। গ্যাসটির বাষ্প ঘনত্ব=22। গ্যাসটির আণবিক সংকেত কি?

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

গ্যাসের ভৌতধর্মাবলী: বয়েল ও চার্লসের সূত্র

(Physical Properties of Gases: Boyles' and Charles' Law)

পদার্থ মাত্রই চাপ ও উষ্ণতা ভেদে কঠিন, তরল ও গ্যাসীয় এই তিন অবস্থায় থাকিতে পারে। প্রতি অবস্থায়ই পদার্থের সাধারণ ধর্ম থাকিলেও গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের কতকগুলি উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্য রহিয়াছে। গ্যাসমাত্রই অত্যন্ত সঙ্কোচন (compressible) ও প্রসারণশীল (expansible)। চাপ ও উষ্ণতার সামান্যতম পরিবর্তনেও গ্যাসের আয়তনের প্রভূত পরিবর্তন ঘটে। এক অ্যাটমস্ফিয়ার চাপ দুই অ্যাটমস্ফিয়ারে বাড়াইলে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ জলের আয়তন 0·01%-এরও কম পরিমাণে হ্রাস পায় কিংবা উষ্ণতা 0°C হইতে 100°C এ বাড়াইলে উহার আয়তন মাত্র 2% বৃদ্ধি পায়। অপর পক্ষে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ গ্যাসের আয়তন অর্ধেক হয় যখন উহার চাপ দ্বিগুণ এবং উষ্ণতা 0°C হইতে 100°C এ বৃদ্ধি পাইলে গ্যাসটির আয়তন 36·6% বাড়ে। এইরূপ চাপ ও তাপমাত্রার বৃদ্ধিতে কঠিনের আয়তনের খুব কমই পরিবর্তন হয়। সেইজন্য কোন গ্যাসের আয়তন নির্দেশ করিতে হইলে উষ্ণতা ও চাপের উল্লেখ অবশ্য প্রয়োজন। 10 সিসি হাইড্রোজেন কথাটি নিরর্থক; কারণ, একটি নির্দিষ্ট উষ্ণতায় 10 সিসি H_2 অন্য এক উষ্ণতায় 10 সিসি থাকিবেনা; বিভিন্ন উষ্ণতা ও চাপ অনুযায়ী উহা বিভিন্ন আয়তন অধিকার করিবে। চাপ নির্দিষ্ট রাখিয়া অল্প পরিমাণ উষ্ণতার পরিবর্তন ঘটাইলে গ্যাসের আয়তনের যথেষ্ট পরিবর্তন হয়; আবার উষ্ণতা নির্দিষ্ট রাখিয়া অল্প পরিমাণ চাপের পরিবর্তনেও গ্যাসের আয়তন উল্লেখযোগ্যভাবে পরিবর্তিত হয়। উষ্ণতা ও চাপ নির্দিষ্ট থাকিলে গ্যাসের আয়তন উহার গ্রামঅণু ভরের সমানুপাতে বাড়ে বা কমে। অতএব **চাপ, আয়তন, উষ্ণতা** ও **গ্রামঅণু**—এই চারিটি রাশিকে গ্যাসের পরিবর্তনীয় রাশি (variables) বলা হয়।

বিভিন্ন গ্যাসের মধ্যে প্রকৃতিগত পার্থক্য যথেষ্ট আছে; তাহা সত্ত্বেও উহাদের ভৌত আচরণ একই রকমের এবং উহারা কয়েকটি নিয়ম মানিয়া চলে। (i) স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তনের সহিত চাপের সম্পর্ক সূত্রটিকে **বয়েলের সূত্র**, (ii) স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তনের সহিত উষ্ণতার সম্পর্ক সূত্রটিকে **চার্লস**

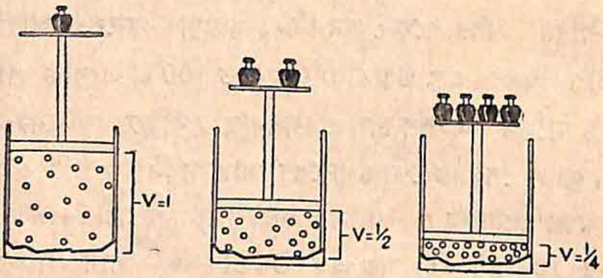
ও গেলুস্যাক সূত্র এবং (iii) নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসের আয়তনের সহিত অণুর সংখ্যার সম্পর্ক সূত্রটিকে **অ্যাভোগাড্রো সূত্র বলে।**

বয়েলের সূত্র (Boyle's Law) : [স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তনের সহিত চাপের সম্পর্ক (Relation between the volume of a given mass of gas with pressure at constant temperature) :

1662 খ্রীষ্টাব্দে ইংরেজ বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের চাপ ও আয়তনের সম্পর্ক আবিষ্কার করেন। ইহাই বয়েলের সূত্র নামে পরিচিত।

স্থির তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের আয়তন উহার উপর প্রযুক্ত চাপের সহিত ব্যস্ত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

অর্থাৎ উষ্ণতা স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর চাপ যে অনুপাতে **বাড়ানো** বা **কমানো** যায়, ঠিক সেই অনুপাতে উহার আয়তন **কমে** বা **বাড়ে।** স্থির উষ্ণতায় কোন গ্যাসের চাপ দ্বিগুণ করিলে আয়তন অর্ধেক হইবে, চাপ চারগুণ



চিত্র নং—১০

করিলে আয়তন এক চতুর্থাংশ হইবে ; (চিত্র ১০) [পিষ্টনটি অবশ্য ভারহীন, ঘর্ষণহীন ও বায়ুরোধী] আবার চাপ কমাইয়া অর্ধেক করিলে আয়তন দ্বিগুণ হইবে ইত্যাদি।

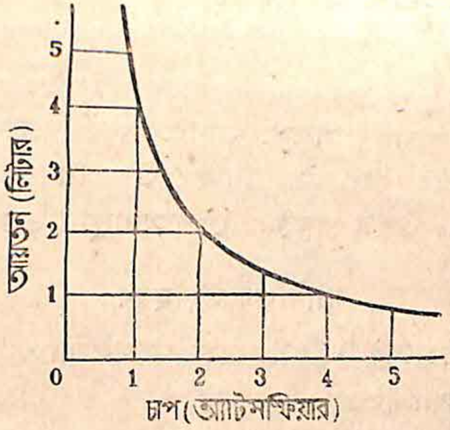
মনে করা যাক স্থির উষ্ণতায় কোন পাত্রে আবদ্ধ নির্দিষ্ট ভরবিশিষ্ট গ্যাসের চাপ P এবং ইহার আয়তন V ; সুতরাং বয়েলের সূত্র অনুসারে,

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ (স্থির উষ্ণতায়) অথবা } V = K \times \frac{1}{P}$$

[K একটি ধ্রুবক (constant)]. $\therefore$ $PV = K$ (ধ্রুবক)।

ধরা যাক্ চাপ (P) পরিবর্তিত হইয়া P_1 হইল এবং তদনুযায়ী পরিবর্তিত আয়তন V_1 হইল ; অতএব $P_1V_1 = K$; আবার $PV = K$ $\therefore$ $PV = P_1V_1 = K.$

অথবা নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর প্রযুক্ত বিভিন্ন চাপকে যদি P_1, P_2, P_3, P_4 ইত্যাদি দ্বারা প্রকাশ করা যায়, এবং তদনুযায়ী পরিবর্তিত বিভিন্ন



চিত্র নং ১১—চাপের সহিত আয়তনের সম্পর্ক

আয়তনকে যদি যথাক্রমে V_1, V_2, V_3, V_4 ইত্যাদি ধরা হয় তাহা হইলে বয়েলের সূত্র অনুযায়ী, $P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = P_4V_4$ ইত্যাদি $= K$।

নীচের একটি পরীক্ষালব্ধ ফলাফল ইহার সত্যতা প্রমাণিত করে :

হিলিয়াম 0°C

চাপ (P) অ্যাটমসফিয়ারে	এক মৌলের (Mole) আয়তন (V)	P.V.
1·0852	20·65	22·41
0·8067	27·78	22·41
0·5387	41·61	22·41
0·1937	115·65	22·41

[কেহ মনে করেন যে এই সম্পর্ক সর্বপ্রথম আবিষ্কার করেন ইটালিয়ান বিজ্ঞানী মারিওয়ে]

চাপ ও ঘনত্বের মাধ্যমে বয়েলের সূত্র :

বয়েলের সূত্রকে চাপ ও ঘনত্বের সম্পর্কের মাধ্যমেও প্রকাশ করা যায়। যেমন, কোন নির্দিষ্ট M ভরের গ্যাসের উপর নির্দিষ্ট উষ্ণতায় প্রযুক্ত P চাপের ফলে ইহার আয়তন ও ঘনত্ব যদি যথাক্রমে V ও D হয়, তাহা হইলে বয়েলের সূত্র অনুসারে, $PV = K$ ধ্রুবক ;

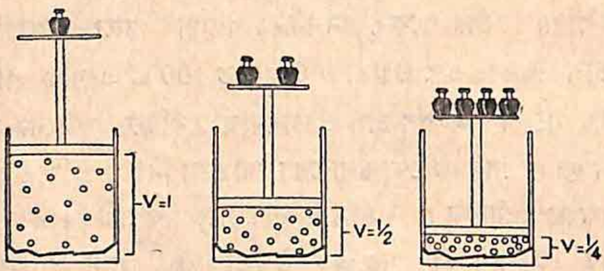
ও গেলুস্যাক সূত্র এবং (iii) নির্দিষ্ট উষ্ণতা ও চাপে গ্যাসের আয়তনের সহিত অণুর সংখ্যার সম্পর্ক সূত্রটিকে **অ্যাভোগাড্রো সূত্র বলে।**

বয়েলের সূত্র (Boyle's Law) : [স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তনের সহিত চাপের সম্পর্ক (Relation between the volume of a given mass of gas with pressure at constant temperature) :

1662 খ্রীষ্টাব্দে ইংরেজ বিজ্ঞানী রবার্ট বয়েল স্থির উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের চাপ ও আয়তনের সম্পর্ক আবিষ্কার করেন। ইহাই বয়েলের সূত্র নামে পরিচিত।

স্থির তাপমাত্রায় কোন নির্দিষ্ট ভরের যে কোন গ্যাসের আয়তন উহার উপর প্রযুক্ত চাপের সহিত ব্যস্ত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

অর্থাৎ উষ্ণতা স্থির রাখিয়া কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর চাপ যে অনুপাতে **বাড়ানো** বা **কমানো** যায়, ঠিক সেই অনুপাতে উহার আয়তন **কমে** বা **বাড়ে।** স্থির উষ্ণতায় কোন গ্যাসের চাপ দ্বিগুণ করিলে আয়তন অর্ধেক হইবে, চাপ চারগুণ



চিত্র নং—১০

করিলে আয়তন এক চতুর্থাংশ হইবে; (চিত্র ১০) [পিষ্টনটি অবশ্য ভারহীন, ঘর্ষণহীন ও বায়ুরোধী] আবার চাপ কমাইয়া অর্ধেক করিলে আয়তন দ্বিগুণ হইবে ইত্যাদি।

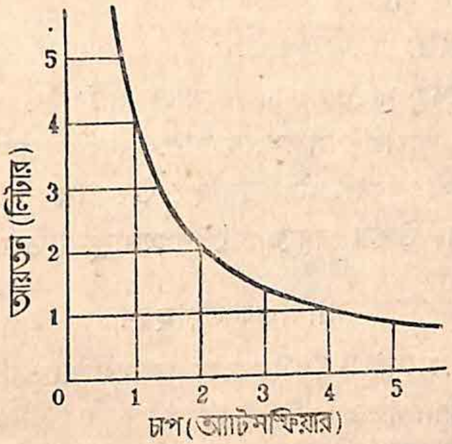
মনে করা যাক স্থির উষ্ণতায় কোন পাত্রে আবদ্ধ নির্দিষ্ট ভরবিশিষ্ট গ্যাসের চাপ P এবং ইহার আয়তন V ; সুতরাং বয়েলের সূত্র অনুসারে,

$$V \propto \frac{1}{P} \text{ (স্থির উষ্ণতায়) অথবা } V = K \times \frac{1}{P}$$

[K একটি ধ্রুবক (constant)]. $\therefore$ $PV = K$ (ধ্রুবক)।

ধরা যাক্ চাপ (P) পরিবর্তিত হইয়া P_1 হইল এবং তদনুযায়ী পরিবর্তিত আয়তন V_1 হইল; অতএব $P_1V_1 = K$; আবার $PV = K$ $\therefore$ $PV = P_1V_1 = K.$

অথবা নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের উপর প্রযুক্ত বিভিন্ন চাপকে যদি P_1, P_2, P_3, P_4 ইত্যাদি দ্বারা প্রকাশ করা যায়, এবং তদনুযায়ী পরিবর্তিত বিভিন্ন



চিত্র নং ১১—চাপের সহিত আয়তনের সম্পর্ক

আয়তনকে যদি যথাক্রমে V_1, V_2, V_3, V_4 ইত্যাদি ধরা হয় তাহা হইলে বয়েলের সূত্র অনুযায়ী, $P_1V_1 = P_2V_2 = P_3V_3 = P_4V_4$ ইত্যাদি $= K$।

নীচের একটি পরীক্ষালব্ধ ফলাফল ইহার সত্যতা প্রমাণিত করে :

হিলিয়াম 0°C

চাপ (P) অ্যাটমসফিয়ারে	এক মোলের (Mole) আয়তন (V)	P.V.
1·0852	20·65	22·41
0·8067	27·78	22·41
0·5387	41·61	22·41
0·1937	115·65	22·41

[কেহ মনে করেন যে এই সম্পর্ক সর্বপ্রথম আবিষ্কার করেন ইটালিয়ান বিজ্ঞানী মারিওয়ে]

চাপ ও ঘনত্বের মাধ্যমে বয়েলের সূত্র :

বয়েলের সূত্রকে চাপ ও ঘনত্বের সম্পর্কের মাধ্যমেও প্রকাশ করা যায়। যেমন, কোন নির্দিষ্ট M ভরের গ্যাসের উপর নির্দিষ্ট উষ্ণতায় প্রযুক্ত P চাপের ফলে ইহার আয়তন ও ঘনত্ব যদি যথাক্রমে V ও D হয়, তাহা হইলে বয়েলের সূত্র অনুসারে, $PV = K$ ধ্রুবক ;

অথবা $P \times \frac{M}{D} = K$ [যেহেতু আয়তন $V = \frac{M\ (\text{ভর})}{D\ (\text{ঘনত্ব})}$]

অথবা $\frac{P}{D} = \frac{K}{M} = K'$ ধ্রুবক (কারণ ভর M নির্দিষ্ট)

$\therefore\ P = K'D$

অর্থাৎ ঘনত্ব, চাপের সহিত সমান অনুপাতে পরিবর্তিত হইবে। চাপ দ্বিগুণ করিলে, ঘনত্ব দ্বিগুণ আবার চাপ অর্ধেক করিলে ঘনত্ব অর্ধেক হইবে। বা বয়েল সূত্রকে অন্যভাবে প্রকাশ করা যায় "**নির্দিষ্ট উষ্ণতায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের ঘনত্ব উহার উপর প্রযুক্ত চাপের সমানুপাতিক**।

গাণিতিক উদাহরণ

১। 73·8 সেমি চাপের 10 লিটার কোন গ্যাসের আয়তন 76 সেমি চাপে কত হইবে ? (উষ্ণতা অপরিবর্তিত)।

সমাধানঃ—ধরা যাক, প্রাথমিক চাপ P_1 ও প্রাথমিক আয়তন V_1 এবং পরিবর্তিত চাপ P_2 ও পরিবর্তিত আয়তন V_2

অতএব $73{\cdot}8 \times 10 = 76 \times V_2$

$$\therefore\ V_2 = \frac{73{\cdot}8 \times 10}{76} = 9{\cdot}7 \text{ লিটার।}$$

২। স্বাভাবিক চাপে 50 সিসি বাতাস 38 সিসিতে সংনমিত হইল। উষ্ণতা অপরিবর্তিত থাকিলে চাপের বৃদ্ধি কত হইল ?

সমাধানঃ—ধরা যাক বর্ধিত চাপ = P

বয়েলের সূত্রানুযায়ী $P \times 38 = 760 \times 50$ (কারণ, প্রমাণ চাপ = 760 মি. মি.)

$\therefore\ P = 1000$ মি. মি.

অতএব চাপের বৃদ্ধি = 1000 − 760 = 240 মি. মি.

৩। কোন চাপে 360 মি. মি. চাপের 0·5 লিটার বায়ু 200 সিসিতে সঙ্কুচিত হইবে ?

সমাধানঃ—$P \times 200 = 500 \times 360$

$$\text{বা,}\quad P = \frac{500 \times 360}{200} = 900 \text{ মি. মি.}$$

৪। মার্বেল পাথর সমেত কোন গ্যাসের আয়তন 760 মি. মি. চাপে 100 সি. সি.। চাপ বাড়াইয়া 1000 মি. মি. হইলে সমগ্র আয়তন 80 সি. সি. হয়। মার্বেলের আয়তন কত ?

সমাধান ঃ ধরা যাক পাথর V c.c. আয়তন অধিকার করিয়া আছে। অতএব 760 মি. মি. চাপে, গ্যাসের আয়তন (100 − V) সি. সি. এবং 1000 মি. মি. চাপে গ্যাসের আয়তন (80 − V) সি. সি.। চাপ বর্ধিত করার ফলে পাথরের আয়তনের কোন পরিবর্তন ঘটে না ; কারণ পাথর কঠিন পদার্থ।

অতএব—বয়েলের সূত্রানুযায়ী, $(100-V)\times 760=(80-V)\times 1000$ বা, $24V=400$ বা, $V=16{\cdot}6$ সি. সি.।

৫। 0°C উষ্ণতা ও 760 মি. মি. চাপে নাইট্রোজেনের ঘনত্ব 14 ; চাপ দ্বিগুণ করিলে ইহার ঘনত্ব কত হইবে ?

সমাধান ঃ—ধরা যাক নির্ণেয় ঘনত্ব = D_1 (গ্যাসের ঘনত্ব চাপের সমানুপাতিক,)

$$\left[\because \ \frac{D}{D_1}=\frac{P}{P_1}\right]$$

$$\therefore \ \frac{\text{নাইট্রোজেনের ঘনত্ব (760 মি. মি. চাপে)}}{D_1}=\frac{760}{2\times 760}$$

$$\text{বা,}\quad D_1=\frac{14\times 2\times 760}{760}=28.$$

৬। কোন এক উষ্ণতা ও 760 মি. মি. চাপে কার্বন-ডাই-অক্সাইডের ঘনত্ব 22, একই উষ্ণতায় গ্যাসটির ঘনত্ব দ্বিগুণ হইলে চাপ কত হইবে ?

সমাধান ঃ—ধরা যাক নূতন চাপ হইবে P_1 ; অতএব বয়েল সূত্রানুযায়ী—

$$\frac{\text{(760 মি. মি. চাপে) } CO_2 \text{ এর ঘনত্ব}}{(P_1 \ \ ,, \ \ ,,\ ) \ ,, \ \ ,, \ \ ,,}=\frac{760}{P_1}$$

$$\text{বা,}\quad \frac{22}{44}=\frac{760}{P_1};\quad \text{বা,}\quad P_1=\frac{760\times 44}{22}=1520 \text{ মি. মি.}$$

স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তনের সহিত উষ্ণতার সম্পর্ক ঃ চার্লসের সূত্র ঃ (Relation between temperature and the volume of a given mass of gas at constant pressure : Charle's law) ঃ

সমস্ত জড় পদার্থের ন্যায় উত্তাপে গ্যাসের আয়তন বাড়ে, আবার শৈত্যে তাহা কমে। গ্যাসের আয়তন প্রসারণ ও সঙ্কোচন মাত্রা কঠিন ও তরলের তুলনায় অনেক বেশী।

চার্লসের সূত্র ঃ নির্দিষ্ট পরিমাণ ভিন্ন ভিন্ন গ্যাসকে বিভিন্ন উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া (0°C হইতে 80°C পর্যন্ত) বিজ্ঞানী চার্লস (1787 খ্রীষ্টাব্দ) সর্বপ্রথম লক্ষ্য

করেন যে সব গ্যাসের আয়তনই সমানভাবে বৃদ্ধি পায়। এই বৃদ্ধির মাত্রা তিনি অবশ্য পরিমাপ করেন নাই। পরে বিজ্ঞানী গেলুস্যাক (1802 খ্রীষ্টাব্দ) আরও পরীক্ষা নিরীক্ষা করিয়া স্বতন্ত্রভাবে উষ্ণতা ও গ্যাসের আয়তনের সম্পর্ক **আবিষ্কার** করেন। এই সম্পর্কটি একটি সূত্র দ্বারা নিয়ন্ত্রিত। সূত্রটি সাধারণভাবে **চার্লসের সূত্র** নামে পরিচিত। কেহ কেহ ইহাকে গে-লুস্যাকের সূত্রও বলিয়া থাকেন।

"চাপ স্থির থাকিলে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন প্রতি **সেন্টিগ্রেড** (বর্তমানে সেলসিয়াস) উষ্ণতা বৃদ্ধি বা হ্রাসে উহার 0°C সেন্টিগ্রেড আয়তনের $\frac{1}{273}\left[\text{প্রকৃত পক্ষে } \frac{1}{273{\cdot}16}\right]$ অংশ বৃদ্ধি বা হ্রাস পায়।" ইহাকে **চার্লসের সূত্র** বলে। এই ভগ্নাংশকে গ্যাসের প্রসারাঙ্ক (coefficient of expansion) বলে।

যে কোন গ্যাসের ক্ষেত্রেই এই নিয়মটি প্রযোজ্য অর্থাৎ সকল গ্যাসেরই **প্রসারণ** বা সঙ্কোচনের হার এক। অতএব সমস্ত গ্যাসেরই প্রসারাঙ্ক এক অর্থাৎ, $\frac{1}{273}$।

মনে করা যাক নির্দিষ্ট P চাপে এবং 0°C উষ্ণতায় কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ (**n গ্রাম** অণু) গ্যাসের আয়তন V_0 সি.সি.। চার্লস সূত্র অনুসারে,

1°C উষ্ণতা বৃদ্ধিতে গ্যাসটির আয়তন বৃদ্ধি হইবে $\frac{V_0}{273}$ সি.সি.

2°C " " " " " $\frac{V_0.2}{273}$ সি সি

t°C " " " " " $\frac{V_0.t}{273}$ সি.সি.

t°C উষ্ণতায় ঐ গ্যাসের আয়তন Vt সি.সি. হইলে

$$Vt = V_0 + \frac{V_0 t}{273} = V_0\left(1 + \frac{t}{273}\right) = V_0\left(\frac{273+t}{273}\right)$$

আবার,

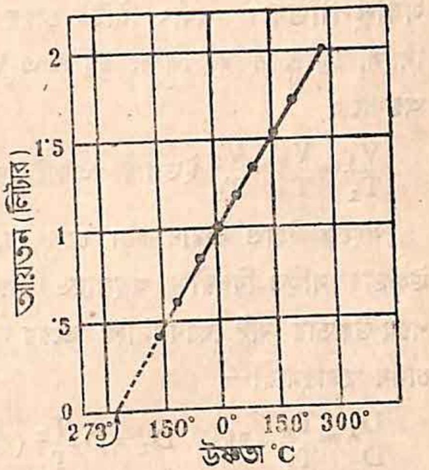
1°C উষ্ণতা হ্রাসে গ্যাসটির আয়তন হ্রাস পাইবে $\frac{V_0}{273}$ সি.সি.

2°C " " " " " " $\frac{V_0 2}{273}$ সি সি.

t°C " " " " " " $\frac{V_0 t}{273}$ সি সি

$-t°$ উষ্ণতায়, $V_t = V_0 - \frac{V_0 t}{273} = V_0\left(1 - \frac{t}{273}\right) = V_0\left(\frac{273-t}{273}\right)$

চাপ অপরিবর্তিত রাখিয়া কোন গ্যাসের উষ্ণতা যদি 0°C হইতে – 273°C হ্রাস করা হয়, তাহা হইলে গ্যাসটির আয়তন হইবে $V_0\left(\frac{273-273}{273}\right)=0$, অর্থাৎ গ্যাসটির কোন আয়তন থাকিবে না। উষ্ণতা – 273°C হইতে আরও নামাইলে গ্যাসের আয়তন ঋণাত্মক হইবে। কিন্তু ঋণাত্মক আয়তনের কোন অর্থ নাই। তাত্ত্বিক বিচারে ইহা সত্য হইলেও বাস্তবে ইহা কখনও ঘটে না। কারণ প্রকৃতপক্ষে ঐ উষ্ণতায় পৌছানোর পূর্বেই সকল গ্যাসই তরল হইয়া যায়। সেইজন্য এই গ্যাস সূত্রটি আর কার্যকরী হয় না। এই উষ্ণতাকে (– 273°C-কে) **পরম শূন্য** (Absolute Zero) উষ্ণতা বা চরম শীতলতা বলা হয়। নিখিল বিশ্বে ইহা অপেক্ষা কম উষ্ণতা থাকিতে পারে না। [সম্ভাব্য সর্বোচ্চ উষ্ণতা এখনও মাপা যায় নাই; অ্যাটমবোমা বিস্ফোরণে উদ্ভূত উষ্ণতা কয়েক মিলিয়ন ডিগ্রী A; সূর্যের অভ্যন্তরস্থ উষ্ণতা 30,000,000°A]



চিত্র. 12—গ্যাসের আয়তনের সহিত উষ্ণতার সম্পর্ক

– 273°C উষ্ণতাকে শূন্য ধরিয়া তাপাঙ্কের একটি নূতন স্কেল কল্পনা করা যায়। এই স্কেলে প্রতি ডিগ্রী উষ্ণতার ব্যবধান 1°C উষ্ণতার ব্যবধানের সমান। এই স্কেলকে পরম স্কেল (Absolute scale) বা কেলভিন স্কেল (Kelvin scale) বলে। এই নূতন স্কেলে 0°C = 273°, t°C = $(273+t)$° ইত্যাদি। সাধারণতঃ এই স্কেলের উষ্ণতাকে T°A বা T°K দ্বারা প্রকাশ করা হয়। °A অর্থে degree absolute এবং °K অর্থে এই স্কেলের আবিষ্কারক লর্ড কেলভিনের (Lord Kelvin) নাম অনুসারে ব্যবহৃত হয়।

t_1° ও t_2°C তাপমাত্রার নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন (0°C-এ V_0 সি সি.) যদি যথাক্রমে V_1 ও V_2 সি.সি. হয় তবে চার্লস সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{V_1}{V_2}=V_0\left(1+\frac{t_1}{273}\right)=V_0\left(\frac{273+t_1}{273}\right) \text{ এবং } V_2=V_0\left(\frac{273+t_2}{273}\right)$$

$$\therefore\ \frac{V_1}{V_2}=\frac{273+t_1}{273+t_2}=\frac{T_1}{T_2}$$

$\frac{V}{T}$ এর মান সর্বদাই একটি ধ্রুবক হয় অর্থাৎ গ্যাসের উষ্ণতা কেলভিন স্কেলে যে হারে বৃদ্ধি পায় গ্যাসের আয়তনও ঠিক সেই হারে হ্রাস পায়।

চার্লস সূত্রকে এই গাণিতিক সিদ্ধান্তের ভিত্তিতে প্রকাশ করা যায়। **নির্দিষ্ট চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন উহার পরম উষ্ণতার সমানুপাতিক।** অর্থাৎ নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন যদি T_1°K-এ V_1 সি.সি, T_2°K এ V_2 সিসি, T_3°K এ V_3 সি.সি. ইত্যাদি হয় তাহা হইলে এই সূত্র অনুসারে,

$$\frac{V_1}{T_1}=\frac{V_2}{T_2}=\frac{V_3}{T_3} \text{ ইত্যাদি} = \text{একটি ধ্রুবক।}$$

সহজে ইহাও প্রমাণ করা চলে যে, নিত্য চাপে গ্যাসের ঘনত্ব উহার পরম-উষ্ণতার সহিত বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হইতে থাকে। যেমন, T_1 ও T_2 পরম-উষ্ণতায় যদি কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনত্ব যথাক্রমে D_1 ও D_2 হয় তবে চার্লস সূত্রানুযায়ী—

$$\frac{D_1}{D_2}=\frac{T_2}{T_1} \quad \text{বা,} \quad D_1=D_2\frac{T_2}{T_1} \text{ (নিত্য-চাপে)}$$

গাণিতিক উদাহরণ

১। কোন একটি গ্যাসের আয়তন 0°C-এ 8 লিটার। চাপ স্থির রাখিয়া গ্যাসটিকে 80°C-এ উত্তপ্ত করিলে উহার আয়তন কত হইবে ?

সমাধান ঃ ধরা যাক নির্ণেয় আয়তন = V

চার্লস সূত্রানুযায়ী, $\frac{V}{8}=\frac{273+80}{273+0}$ $\left[\because \frac{V}{V_1}=\frac{T}{T_1}\right]$

$$\text{বা,} \quad V=\frac{353\times 8}{273}=10\ 344 \text{ লিটার।}$$

২। 200 সি. সি. নাইট্রোজেনকে 27°C হইতে −20°C-এ নামানো হইল। ইহার আয়তন কত ?

সমাধান ঃ ধরা যাক নির্ণেয় আয়তন = V

প্রশ্নানুসারে, $\frac{V}{200}=\frac{273-20}{273+27}$ বা, $V=\frac{200\times 253}{300}=168\cdot66$ সি.সি।

৩। কোন উষ্ণতায় 17°C-এ রাখা 100 সি.সি. বায়ু ইহার দ্বিগুণ আয়তন লাভ করিবে ?

সমাধান : ধরা যাক নির্ণেয় উষ্ণতা $= t^{\circ}$

প্রশ্নানুসারে, $\frac{100}{2 \times 200} = \frac{17+273}{t+273} = \frac{290}{t+273}$ $\left[\because \frac{D_1}{D_2} = \frac{T_2}{T_1}\right]$

বা, $t+273 = 2 \times 290$; বা, $t = 580 - 273$ বা, $t = 307^{\circ}$ সে।

৪। $0^{\circ}C$-এ নাইট্রোজেনের ঘনত্ব 14 ; $-7^{\circ}C$-এ ইহার ঘনত্ব কত ?

সমাধান : ধরা যাক নির্ণেয় ঘনত্ব = D

যেহেতু চার্লস-সূত্রানুযায়ী ঘনত্বের পরম উষ্ণতার সহিত বিপরীত অনুপাতে ভেদ হইয়া থাকে—

$$\frac{D}{14} = \frac{273+0}{273-7} \quad \text{বা,} \quad D = \frac{273 \times 14}{266} = 14{\cdot}36$$

গ্যাসের আয়তনের উপর উষ্ণতা ও চাপের যুক্ত-প্রভাব ; বয়েল ও চার্লস-এর সংযুক্ত সংকেত (Combined effect of temperature and Pressure on the volume of Gases ; General formula combining Boyle's and Charle's law) :

ধরা যাক—T° পরম উষ্ণতায় ও P চাপে, কোন নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের আয়তন V এবং T_1° পরম উষ্ণতায় ও P_1 চাপে; গ্যাসটির আয়তন V_1 এখন,

$V \propto \frac{1}{P}$ যখন T নিত্য থাকে (বয়েল-সূত্র)

$V \propto T$ যখন P „ „ (চার্লস-সূত্র)

$\therefore$ $V \propto \frac{T}{P}$ যখন T ও P উভয়ই পরিবর্তিত হইতে থাকে।

বা, $V = \frac{T}{P} \times k$ (k = ধ্রুবক) বা, $\frac{PV}{T}$ = নিত্য

এইরূপে, $\frac{P_1V_1}{T_1}$ = নিত্য

আবার, T_1, T_2, T_3, T_4, T_n প্রভৃতি পরম-উষ্ণতায়, একই নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপ যথাক্রমে P_1, P_2, P_3, P_4, P_n ও আয়তন যথাক্রমে V_1, V_2, V_3, V_4, V_n প্রভৃতি হইলে—

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} = \frac{P_3V_3}{T_3} = \frac{P_4V_4}{T_4} \text{ ইত্যাদি} \cdots = \frac{P_nV_n}{T_n}$$

অর্থাৎ, $\frac{\text{প্রাথমিক চাপ} \times \text{প্রাথমিক আয়তন}}{\text{প্রাথমিক পরম উষ্ণতা}} = \frac{\text{অন্তিম চাপ} \times \text{অন্তিম আয়তন}}{\text{অন্তিম পরম উষ্ণতা}}$

প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপ (Standard Temperature & Pressure)

গ্যাসের আয়তন, প্রযুক্ত চাপ ও উষ্ণতার অনুপাতে পরিবর্তিত হইয়া থাকে। এখন, বায়ুমণ্ডলের চাপ ও উষ্ণতা নিত্যই পতিবর্তনশীল। অতএব, গ্যাসের আয়তন সংক্রান্ত পরীক্ষাসমূহের ফলাফলের তুলনার জন্য কোন বিশেষ চাপ ও উষ্ণতাকে নির্দিষ্ট করিয়া লওয়া অবশ্য প্রয়োজন। চাপ হিসাবে, 760 মি.মি. উচ্চ পারদস্তম্ভের সমান চাপ, এবং উষ্ণতারূপে 0°C উষ্ণতাকে নির্দিষ্ট করিয়া লওয়া হইয়াছে। এই সর্বস্বীকৃত মান দুইটিকে 'নির্দিষ্ট চাপ ও নির্দিষ্ট উষ্ণতা' (Standard Temperature and Pressure) বা 'প্রমাণ চাপ ও প্রমাণ উষ্ণতা' (Normal Temperature and Pressure) বলা হয় ; সংক্ষেপে ইহাকে **এস. টি. পি.** (S.T P.) বা **এন. টি. পি.** (N.T.P.) বলা হয়।

গ্যাসের ঘনত্বের উপর উষ্ণতা ও চাপের সংযুক্ত প্রভাব :

ধরা যাক T° পরম-উষ্ণতা ও P চাপে কোনো নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের ঘনত্ব D এবং T_1° পরম-উষ্ণতা ও P_1 চাপে গ্যাসটির ঘনত্ব D_1। এখন—

$D\propto\frac{1}{T}$ যখন P নিত্য থাকে (চার্লস সূত্র)

$D\propto P$ যখন T ,, ,, (বয়েল সূত্র)

$D\propto\frac{P}{T}$ যখন T ও P উভয়ই পরিবর্তিত হইতে থাকে

বা, $D=\frac{P}{T}\times k$ (k= ধ্রুবক) বা, $\frac{DT}{P}=k.$

এইভাবে $\frac{D_1T_1}{P_1}=k$ $\therefore$ $\frac{DT}{P}=\frac{D_1T_1}{P_1}=\frac{D_2T_2}{P_2}$ ইত্যাদি

গ্যাসের উষ্ণতা ও চাপের পারস্পরিক সম্পর্ক (Relation between Temperature and Pressure of a Gas) :

পূর্বে বলা হইয়াছে, $\frac{PV}{T}$ = নিত্য = R (ধরা যাক) বা, $P=\frac{RT}{V}$

এখন আয়তন নিত্য রাখিলে $\frac{R}{V}$ নিত্য হয় ;

$\therefore$ $P\propto T$

অর্থাৎ, নিত্য আয়তনের একটি নির্দিষ্ট ভরের গ্যাসের চাপের সহিত উহার পরম উষ্ণতার সম্পর্ক সমানুপাতিক—

$$\frac{P}{T}=\frac{P_1}{T_1}$$

গাণিতিক উদাহরণ

১। কোন গ্যাসের আয়তন 100 সি সি. 127°C ও 380 মি.মি. চাপে সেই গ্যাসের আয়তন কত ?

সমাধান ঃ—ধরা যাক নির্ণেয় আয়তন $= V_1$

এখন সংযুক্ত বয়েল ও চার্লস-সূত্রানুযায়ী $= \frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$

এস্থলে $V = 100$ সি সি. $\quad V_1 =$ নির্ণেয় আয়তন

$P = 760$ মি মি. $\quad P_1 = 380$ মি.মি.

$T = (273+0)^\circ$ পরম-উষ্ণতা $\quad T_1 = (273+27)^\circ$ পরম-উষ্ণতা

$$\therefore \frac{100\times 760}{273} = \frac{V_1 \times 380}{27+273} \text{ বা, } V_1 = \frac{100\times 760\times 300}{273\times 380} = 219{\cdot}78 \text{ সি সি.।}$$

২। 760 মি মি. চাপ 30°C কোন গ্যাসের আয়তন 910 সি সি. 380 মি.মি. চাপ ও 27°C উত্তাপে উহার আয়তন কত হইবে ?

সমাধান ঃ—ধরা যাক নির্ণেয় আয়তন $= V_1$

সংযুক্ত বয়েল ও চার্লস সূত্রানুযায়ী $= \frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$

এস্থলে $V = 910$ সি সি. $\quad V_1 =$ নির্ণেয় আয়তন

$P = 760$ মি.মি. $\quad P_1 = 380$ মি মি.

$T = (273+0)^\circ$ পরম-উষ্ণতা $\quad T \doteq (273+27)^\circ$ পরম-উষ্ণতা

$$\therefore \frac{910\times 760}{273} = \frac{V_1\times 380}{273+27} \text{ বা, } V_1 = \frac{910\times 760\times 300}{380\times 273} = 2000 \text{ সি সি.।}$$

৩। 16·5°C ও 1470 মি.মি. চাপে কত আয়তনের নাইট্রোজেন এন.টি.পি.-তে এক লিটার হইবে ?

সমাধান ঃ—ধরা যাক নির্ণেয় আয়তন $= V_1$

এখন, সংযুক্ত বয়েল ও চার্লস সূত্রানুযায়ী $\frac{PV}{T} = \frac{P_1V_1}{T_1}$

$V = 1$ লিটার $= 1000$ সি.সি. $\quad V_1 =$ নির্ণেয় আয়তন

$P = 760$ মি মি. $\quad P_1 = 1470$ মি.মি.

$T = 273^\circ$ পরম-উষ্ণতা $\quad T_1 = 16{\cdot}5 + 273)^\circ$ পরম-উষ্ণতা

$$\therefore \frac{1000\times 760}{273} = \frac{V_1\times 1470}{(16{\cdot}5+273)}$$

বা, $V_1 = \frac{760 \times 289.5 \times 1000}{273 \times 1470} = 548.25$ সি সি.।

৪। অর্দ্ধ বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ও 27°C-এ এক ঘন ডেসিমিটার হাইড্রোজেনের আয়তন 10°C ও 760 মি.মি. চাপে কত হইবে ?

সমাধান ঃ ধরা যাক নির্ণেয় আয়তন = V_1

সংযুক্ত বয়েল ও চার্লস সূত্রানুযায়ী $\frac{PV}{T} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$

এস্থলে $V = 1$ ঘন ডেসিমিটার $\quad V_1$ = নির্ণেয় আয়তন

$= 1000$ সি.সি.

$P = 760 \div 2$ $\quad P_1 = 760$ মি.মি.

$= 380$ মি.মি. $\quad T_1 = (273 + 10)°$ পরম-উষ্ণতা

$T = (273 + 27)°$ পরম উষ্ণতা

অর্থাৎ, $\frac{1000 \times 380}{273 + 27} = \frac{V_1 \times 760}{273 + 10}$ বা, $V = \frac{1000 \times 380 \times 283}{760 \times 300}$

$= 471.66$ সি সি.।

৫। চাপ 700 মি.মি. হইতে 800 মি.মি. বাড়িলে কোন উষ্ণতায় একটি গ্যাসের আয়তন দ্বিগুণ হইবে ?

সমাধান ঃ ধরা যাক, গ্যাসটি 0°C সে. উষ্ণতায় আছে ও উহার **আয়তন = 1 ;** এবং নির্ণেয় উষ্ণতা = $t°$।

এখন সংযুক্ত বয়েল ও চার্লস সূত্রানুযায়ী

$\frac{700}{273} = \frac{2 \times 800}{T_1}$ বা, $T_1 = \frac{2 \times 800 \times 273}{700} = 624°$

কিন্তু $T_1 = t_2 + 273$ $\quad \therefore t_1 = 624 - 273 = 351°$ সে.

৬। 27°C ও 760 মিমি চাপে নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের ঘনত্ব 28, 7°C ও 740 মিমি চাপে ইহার ঘনত্ব কত ?

সমাধান ঃ ধরা যাক নির্ণেয় ঘনত্ব = D_1 (প্রশ্নানুযায়ী)

অতএব $\frac{28 \times (273 + 27)}{760} = \frac{D_1 \times (273 + 7)}{740}$ $\left[\frac{DT}{P} = \frac{D_1 T_1}{P_1}\right]$

বা, $D_1 = \frac{28 \times 300 \times 740}{760 \times 280} = 29.21$

৭। 200 সিসি নাইট্রোজেনের ঘনত্ব 14, চাপ পরিবর্তিত হইয়া ইহার ঘনত্ব হইল 11, আয়তন কত ?

সমাধানঃ ধরা যাক নির্ণেয় আয়তন = V_1 (প্রশ্নানুযায়ী)

$$\left[\frac{V}{V_1}=\frac{P_1}{P}=\frac{D_1}{D}\right]$$

$$\frac{200}{V_1}=\frac{11}{14} \quad \text{বা,} \quad \frac{14\times 200}{11}=254\cdot54 \text{ সি. সি.}$$

দ্রষ্টব্যঃ—পূর্বোক্ত গাণিতিক উদাহরণগুলিতে প্রাথমিক আয়তন, চাপ, উষ্ণতা ও ঘনত্বের সূচক হিসাবে V, P, T, D প্রভৃতি ব্যবহৃত হইয়াছে, এবং পরিবর্তিত বা নূতন আয়তন, চাপ, উষ্ণতা ও ঘনত্বের সূচক হিসাবে V_1, P_1, T_1, D_1, প্রভৃতি ব্যবহৃত হইয়াছে।

অ্যাভোগাড্রোর সূত্রঃ নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায় সম-আয়তন যে কোন গ্যাসের অণুর সংখ্যা সমান। প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় যে কোন গ্যাসের এক গ্রাম অণুর আয়তন 22·4 লিটার। অতএব কোন নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় '*n*' গ্রাম অণুর আয়তন একই হইবে। বিপরীতক্রমে নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় সম-আয়তনের যে কোন গ্যাসে গ্রাম অণুর পরিমাণ সমান হইবে। অর্থাৎ P অ্যাটমস্ফিয়ার চাপ ও T°K তাপমাত্রায় V লিটারে যদি 0·1 গ্রাম অণু (3·2 গ্রাম) অক্সিজেন থাকে তাহা হইলে সেই একই চাপ ও তাপীয় অবস্থায় V লিটারে 0·1 গ্রাম অণু (4·4 গ্রাম) কার্বন ডাই-অক্সাইড থাকিবে। অতএব যদি নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় গ্যাসের ভরের পরিমাণ অর্থাৎ গ্রাম অণু পরিমাণ দ্বিগুণ করা হয় তবে আয়তনও দ্বিগুণ হইবে। **নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় যে কোন গ্যাসের আয়তন উহার গ্রাম অণুর পরিমাণের সহিত সমানুপাতিক।** অর্থাৎ চাপ (P) ও তাপমাত্রা (T) স্থির থাকিলে $V \propto n$; [V = গ্যাসের আয়তন, *n* = গ্রাম অণুর পরিমাণ]

গ্যাসীয় সমীকরণঃ বয়েল সূত্র, চার্লস সূত্র, অ্যাভোগাড্রো সূত্রের সমন্বয়ে যে কোন গ্যাসের আয়তন, উষ্ণতা, চাপ ও গ্রাম অণু পরিমাণের মধ্যে একটি সাধারণ সম্পর্ক নির্ণয় করা যায়। এই সাধারণ সম্পর্ককে বলা হয় গ্যাসীয় অবস্থার সমীকরণ (Equation of state)। এক গ্যাসীয় অবস্থা হইতে অপর এক গ্যাসীয় অবস্থায় পদার্থের রূপান্তর ঘটিলে V_1, P_1, T_1, *n* (মৌলের সংখ্যা) প্রভৃতি চারিটি পরিবর্তনীয় রাশি কিভাবে পরিবর্তিত হয় তাহা গ্যাসীর সমীকরণ হইতে জানা যায়।

বয়েলের সূত্রানুযায়ী $V \propto \frac{1}{P}$ [T ও *n* অপরিবর্তিত]

চার্লস-এর সূত্রানুযায়ী $V \propto T$ [P ও n অপরিবর্তিত]

অ্যাভোগাড্রো সূত্রানুযায়ী $V \propto n$ [P ও T অপরিবর্তিত]

যদি ভর (গ্রমে অণুর পরিমাণ), চাপ ও উষ্ণতা প্রভৃতি সবই পরিবর্তনশীল হয় ; তাহা হইলে $V \propto \frac{nT}{P}$

বা, $V = R\frac{T}{P}n$ অথবা $PV = nRT$ [R = ধ্রুবক]

যখন এক গ্রাম অণু ($n=1$) গ্যাস লওয়া হয়, তখন, $PV=RT$, [V = একগ্রাম অণুর আয়তন]

যে কোন গ্যাসের এক গ্রাম অণুর $\frac{PV}{T}$ (=R)-এর মান সমান। R-এর মান সকল গ্যাসের বেলায় একই হইবে। ইহা একটি সার্বিক নিত্য সংখ্যা (Universal constant)।

R ধ্রুবকের মান ঃ এক অ্যাটমস্ফিয়ার চাপও 273°K তাপমাত্রায় একগ্রাম অণুর আয়তন 22·4 লিটার ; অতএব $R = \frac{PV}{T} = \frac{1 \times 22{\cdot}4}{273} = 0{\cdot}082$ লিটার-অ্যাটমস্ফিয়ার প্রতি ডিগ্রী প্রতি গ্রাম অণু।

উদাহরণ

১। 0·501 গ্রাম ওজনের কোন গ্যাস 99°C ও 735 মিমি চাপে 203 মিলি আয়তন অধিকার করে। গ্যাসটির এক মোলের ওজন কত ?

$$\text{মোলের সংখ্যা} = \frac{\text{পদার্থের ওজন}}{\text{আণবিক ভার}} = n = \frac{PV}{RT}$$

$$\frac{0{\cdot}501 \text{ গ্রা.}}{M \text{ গ্রাম/মোল}} = \frac{\frac{735}{760}\text{ (অ্যাটমস্)} \times 0{\cdot}203 \text{ লিটার}}{0{\cdot}0820 \text{ লি.} \frac{\text{অ্যাটমস}}{\text{মোল °K}} \times 372\text{°K}}$$

$$= \frac{0{\cdot}501 \times 0{\cdot}0820 \times 372 \times 760}{735 \times 0{\cdot}203} = 77 \text{ গ্রাম}$$

২। 98°C ও 740 মিমি চাপে কোন একটি অজ্ঞাত গ্যাসের ঘনত্ব লিটার প্রতি 2·50 গ্রাম। গ্যাসটির এক মোলের ওজন কত ?

$$\text{উষ্ণতা} = 273 + 98 = 371\text{°K} \text{ ; চাপ} = \frac{740}{760} = 0{\cdot}974 \text{ অ্যাটমস।}$$

এক লিটার মোলের সংখ্যা $= \frac{n}{V} = \frac{P}{RT} = \frac{0.974}{0.082 \times 371} = 0.3320$ মোল

0'0320 মোলের ভার 250 গ্রাম

$\therefore$ 1 " " $\frac{2.50}{0.032} = 78.1$ গ্রাম।

গ্যাসের গতিবাদ বা ক্রান্তিতত্ব (Kinetic theory of gases) :

গ্যাস সম্পর্কে কতকগুলি ধারণা স্বীকার করিয়া লইয়া গ্যাসের একটি নমুনা চিত্র পাওয়া যায় এবং গ্যাসের আচরণ বিধির একটি সুসংগত ব্যাখ্যা মিলে। স্বীকার্যগুলি নিম্নরূপ :

১। গ্যাস মাত্রই অত্যন্ত ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র অণু কণিকার সমষ্টি।

২। অণুগুলি স্থির নয়; উহারা নানাদিকে প্রচণ্ডগতিতে এলোমেলোভাবে অবিরাম ছুটাছুটি করিতেছে। ফলে অণুগুলি পরস্পরের সঙ্গে এবং পাত্রের দেওয়ালের ভিতরের গায়ে অবিরত ধাক্কা মারিতেছে।

৩। দেওয়ালের উপর অণুগুলির ধাক্কার ফলেই চাপের সৃষ্টি হয়।

৪। অণুগুলির মধ্যে কোন আকর্ষণ নাই।

৫। অণুগুলি এত ক্ষুদ্র যে তাহাদের আয়তন, পাত্রের আয়তনের তুলনায় উপেক্ষা করা যায়।

৬। অণুগুলির গতিশক্তির সহিত গ্যাসের তাপমাত্রার একটি সম্পর্ক রহিয়াছে।

উপরের এই স্বীকার্য্য বা অঙ্গীকার (assumption) সমূহ অবলম্বন করিয়াই গ্যাসের গতিবাদ বা ক্রান্তিসূত্র (Kinetic theory of gases) রচিত। গতিবাদের ভিত্তিতে গ্যাসের আচরণ ব্যাখ্যা করা যায়।

গ্যাসের গতিবাদ বা ক্রান্তিতত্ত্বের আলোকে বয়েল ও চার্লসসূত্রের ব্যাখ্যা :

বয়েলের সূত্র : গ্যাসমাত্রেই (অন্যান্য জড় পদার্থের ন্যায়) অণুকণিকায় সমবায়ে গঠিত। অণুগুলি অবিরাম নানাদিকে প্রচণ্ড গতিতে ইতস্ততঃ ঘুরিতে ঘুরিতে আবদ্ধ পাত্রের ভিতরের দেওয়ালে ধাক্কা মারিতেছে এবং পরস্পরের সঙ্গেও সংঘাত বা ধাক্কা খাইতেছে। এই ধাক্কার ফলে অণুগুলি দেওয়ালের একক ক্ষেত্রফলের উপর যে বল প্রয়োগ করে তাহাই গ্যাসটির চাপ। ধাক্কা লাগার অণু সংখ্যা, ঘনত্বের (একক আয়তনের অণুর সংখ্যা) উপর নির্ভর করে। এই অণুর সংখ্যা, ঘনত্ব যত বেশী হইবে তত বেশী হইবে এবং দেওয়ালের উপর ধাক্কা সংখ্যাও বেশী হইবে অর্থাৎ দেওয়ালের উপর প্রযুক্ত চাপ বৃদ্ধি পাইবে। নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের অণুর সংখ্যা নিত্য (constant); কাজেই তাপমাত্রা স্থির রাখিয়া গ্যাসের আয়তন কমাইলে স্বভাবতঃই অণুর সংখ্যা বৃদ্ধি পাইয়া

দওয়ালের গায়ে সংঘাত সংখ্যা বাড়িয়া যায়। সেইজন্য আয়তন হ্রাসের সঙ্গে সঙ্গে গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি পায় এবং আয়তন বৃদ্ধির সঙ্গে গ্যাসের চাপ হ্রাস পাইবে অর্থাৎ স্থির তাপমাত্রায় নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের চাপ উহার আয়তনের ব্যস্ত-অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।

চার্লস সূত্র ঃ উষ্ণতা বাড়াইলে অণুগুলির গতি বাড়িয়া যায় ফলে প্রতি সেকেণ্ডে অধিক সংখ্যক অণু পাত্রের ভিতরের দেওয়ালে আঘাত করে এবং এই আঘাত অপেক্ষাকৃত তীব্র হয়। যেহেতু চাপ (1) প্রতি সেকেণ্ডে অণুগুলির আঘাতের সংখ্যা ও (2) প্রতিটি আঘাতজনিত বলের উপর নির্ভর করে, (এই দুটি বিষয়ই অণুর বেগের উপর নির্ভরশীল) সেই কারণে উষ্ণতা বৃদ্ধিতে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের চাপ বৃদ্ধি পায়। চাপ যদি অপরিবর্তিত রাখিতে হয় তবে প্রতি সেকেণ্ডে অণুর ধাক্কাও অপরিবর্তিত রাখিতে হইবে। এই ধাক্কার সংখ্যা স্থির রাখিতে হইলে অণুগুলিকে অধিকতর দূরত্ব অতিক্রম করিতে হইবে। অর্থাৎ পাত্রের আয়তনকে বৃদ্ধি পাইতে দিতে হইবে। অতএব স্থির চাপে নির্দিষ্ট ভরের কোন গ্যাসের আয়তন তাপমাত্রার সমানুপাতে পরিবর্তিত হয় (চার্লসের সূত্র)।

আদর্শ গ্যাস (Ideal gas) ও বাস্তব গ্যাস (Real gas) ঃ

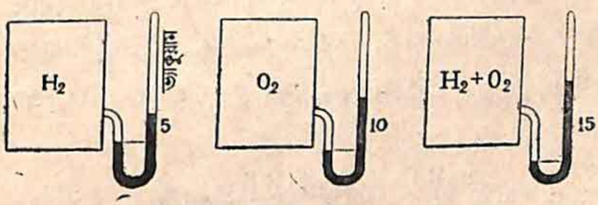
গ্যাসের আচরণ সাধারণতঃ $PV = nRT$ সমীকরণ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়; তবে কোন গ্যাসই সর্বাবস্থায় ইহা মানিয়া চলে না; শুধু সাধারণ চাপ ও উষ্ণতায় ইহা খাটে। অধিক চাপ ও নিম্ন উষ্ণতায় গ্যাসের ব্যবহারে এই সমীকরণ হইতে বিশেষ বিচ্যুতি পরিলক্ষিত হয়। চাপ কিছুটা বাড়াইলে, যেমন কোন গ্যাসের চাপ **100** অ্যাটমস্ফিয়ার হইতে 200-এ বাড়াইয়া দিলে, উহার আয়তন অর্ধেক হয় বটে (বয়েল সূত্র) কিন্তু চাপের অনেকটা পরিবর্তন হইলে (1000 অ্যাটমস্ফিয়ার হইতে 2000-এ বাড়িলে) আয়তন অর্ধেক হয় না; আবার উষ্ণতা 300°K-কে 200°K-তে নামাইয়া দিলে উহার আয়তনের $\frac{2}{3}$ পরিমাণ কমে কিন্তু 30°K হইতে 20°K-তে নামিলে উহার আয়তনের $\frac{2}{3}$ পরিমাণ কমে না। অর্থাৎ চাপ অনেকটা বৃদ্ধি পাইলে গ্যাসের আয়তন (বয়েলের সূত্র অনুযায়ী) যতটা হ্রাস পাওয়া উচিত, ততটা হয় না; আর অল্প উষ্ণতার হ্রাসে আয়তন যতটা কমিয়া যাওয়া উচিত, ততটা কমে না অর্থাৎ অধিক চাপে গ্যাস কম সংনম্য (less compressible) এবং অল্প উষ্ণতায় অধিক সংনম্য। যে গ্যাস সর্বাবস্থায় সম্পূর্ণ ও যথাযথভাবে গ্যাস সমীকরণ মানিয়া চলে, তাহাকে **আদর্শ গ্যাস** (Ideal gas) বলা হয়। আদর্শ গ্যাস একটি কল্পনা মাত্র; বাস্তবে তাহার সন্ধান মিলে না। বাস্তব গ্যাসের ক্ষেত্রে গ্যাস সমীকরণ সম্পূর্ণরূপে খাটে না।

সাধারণ চাপে গ্যাসের মোট আয়তনের তুলনায় গ্যাসের অণুর আয়তন নিতান্ত নগণ্য হইলেও অধিকচাপে তাহা উপেক্ষা করা যায় না। ফলে পাত্রের সমস্ত স্থান অণুগুলির ছুটাছুটির জন্য পাওয়া সম্ভব নয়। আবার অধিক চাপে বা নিম্ন তাপমাত্রায় (অণুর গতিবেগ কমিয়া যায় বলিয়া) অণুগুলি খুব কাছাকাছি আসে, ফলে উহাদের

পারস্পরিক টান খুব বাড়িয়া যায়। এই পিছুটানের জন্য আদর্শ অবস্থায় পারস্পরিক আকর্ষণমুক্ত অণুগুলি দেওয়ালের ভিতরের গায়ে যে পরিমাণ ধাক্কা দিত তাহা দিতে পারে না। ফলে চাপ আদর্শ চাপ অপেক্ষা কম হইবে।

ডাল্টনের অংশপ্রেষ সূত্র (Dalton's law of partial pressure) :

(পরস্পর রাসায়নিক বিক্রিয়া অক্ষম) দুই বা ততোধিক গ্যাসীয় পদার্থ যদি কোন নির্দিষ্ট আয়তনে মিশ্রিত থাকে, তবে ঐ গ্যাস মিশ্র যে চাপ প্রয়োগ করে তাহা মিশ্রণের প্রত্যেকটি উপাদান পৃথক পৃথক ভাবে ঐ উষ্ণতায় ঐ আয়তন অধিকার করিলে যে চাপ প্রয়োগ করিত তাহাদের যোগফলের সমান। এই সূত্রকে ডাল্টনের **অংশপ্রেষ সূত্র** বলে।



চিত্র ১৩

একাধিক গ্যাসের একটি মিশ্রের যে আয়তন থাকে মিশ্রণটির কোন উপাদান একক ভাবে ঐ উষ্ণতায় ঐ আয়তন অধিকার করিলে যে চাপ প্রয়োগ করে সেই চাপকে মিশ্রণটির ঐ গ্যাসীয় বা বাষ্পীয় উপাদানের অংশ চাপ বলে।

কোগ নির্দিষ্ট আয়তন যদি p_1, p_2, p_3, p_4 প্রভৃতি বিভিন্ন গ্যাসের অংশ চাপ হয়, এবং একই উষ্ণতায় ঐ আয়তনে উহাদের মিশ্রণের চাপ যদি P হয়, তবে $P = p_1 + p_2 + p_3 + p_4 \cdots$ হইবে। বিভিন্ন গ্যাস ও মিশ্রণের তাপমাত্রা ও আয়তন একই হইতে হইবে।

সমান আয়তনের তিনটি পাত্র লওয়া হইল এবং প্রতিটি পাত্রের সহিত চাপ মাপিবার ম্যানোমিটার (manometer) যন্ত্র যুক্ত আছে।

প্রথম পাত্রে H_2 দ্বিতীয় পাত্রে O_2 রাখিয়া উহাদের চাপ মাপা হইল। মনে করা যাক উহাদের চাপ যথাক্রমে 5 সেমি ও 10 সেমি পারদের সমান। এক্ষণে H_2 ও O_2 গ্যাস দুইটিকে তৃতীয় পাত্রে রাখিয়া মিশ্রণের চাপ মাপিলে দেখা যাইবে যে উহা 15 সেমি পারদের সমান হইবে (চিত্র, ১৩)। H_2, O_2 ও উহাদের মিশ্রণের উষ্ণতা একই। গ্যাসের আন্তরাণবিক ফাঁক বেশী ; সেইজন্য নির্দিষ্ট আয়তনে রাখা একটি

গ্যাসের সহিত অপর একটি গ্যাস মিশাইলে প্রথম গ্যাসে দ্বিতীয় গ্যাসটি সহজেই স্থান করিয়া নেয়। ফলে গ্যাস মিশ্রণের একক আয়তনে অণুর সংখ্যা বাড়ে; তৎসঙ্গে চাপও বাড়ে।

ডাল্টন অংশপ্রেষ সূত্র পরীক্ষালব্ধ ফলাফল হইতে আবিষ্কার করেন, কিন্তু এই সূত্রটি গ্যাস সমীকরণ হইতেও পাওয়া যায়। ধরা যাক্ V আয়তনের সহিত A গ্যাসের n_1 মোল, B গ্যাসের n_2 মোল মিশ্রিত করা হইল (একই চাপ ও উষ্ণতায়) এবং p_1 ও p_2 যথাক্রমে A ও B-র অংশ চাপ, তাহা হইলে, $p_1 V = n_1 RT$ এবং $p_2 V = n_2 RT$, যদি গ্যাসমিশ্রণের মোট চাপ P হয় তবে,

$$PV = (n_1 + n_2) RT$$

অতএব $P = p_1 + p_2$; $[(p_1 + p_2) V = (n_1 + n_2) RT = PV]$

অংশ চাপের সঙ্গে গ্রাম অণু বা মোল ভগ্নাংশের সম্পর্ক :

যদি V আয়তনের কোন গ্যাস মিশ্রণে A, B, C প্রভৃতি গ্যাসের n_1 n_2 n_3 প্রভৃতি গ্রাম অণু ; উহাদের অংশ চাপ p_1, p_2, p_3 ইত্যাদি এবং মিশ্রণের মোট চাপ P, তাহা হইলে

$$p_1 = \frac{n_1 RT}{V} \; ; \; p_2 = \frac{n_2 RT}{V}, \; p_3 = \frac{n_3 RT}{V} \text{ ইত্যাদি}$$

$$P = p_1 + p_2 + p_3 + \cdots = (n_1 + n_2 + n_3 + \ldots)\frac{RT}{V} = \frac{NRT}{V}$$

[N = মিশ্রণের মোট গ্রাম অণু]

$$\frac{p_1}{P} = \frac{n_1 RT/V}{NRT/V} = \frac{n_1}{N} \text{ বা } p_1 = \frac{n_1}{N} P$$

তদ্রূপ $p_2 = \frac{n_2}{N} P$; $p_3 = \frac{n_3}{N} P$ ইত্যাদি

অর্থাৎ গ্যাস মিশ্রে মিশ্রিত উপাদানের অংশ চাপ = উহার গ্রাম অণু বা মোল ভগ্নাংশ × মোট চাপ।

[$\frac{n_1}{N}$; $\frac{n_2}{N}$ প্রভৃতিকে গ্রাম-অণু ভগ্নাংশ বলে।]

আদ্র-গ্যাস (Moist Gases) **:**

সাধারণতঃ পরীক্ষাগারে গ্যাসকে প্রায়ই জলের উপর সংগ্রহ করা হয়। সেজন্য গ্যাসগুলি সাধারণতঃ আর্দ্র ও জলীয়ম্প দ্বারা সংপৃক্ত হইয়া থাকে। এরূপ কোনো গ্যাসের চাপ নির্ধারণ করিতে গেলে সংপৃক্ত বাষ্পের চাপও বিবেচ্য।

ধরা যাক জলের উপর সংগৃহীত কোন গ্যাসের আয়তন = V সি. সি. ব্যারোমিটার চাপ = P মি. মি. ; সংগ্রাহক জলের উষ্ণতা $t°C$

এক্ষেত্রে বায়ুচাপ (P) অবশ্যই, গ্যাসের চাপ ও $t°C$ উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের মিলিত চাপ দ্বারা সাম্য হইয়াছে। $t°C$ উষ্ণতায় বাষ্পের চাপকে f ধরিলে—P = আর্দ্র গ্যাসের চাপ = অনার্দ্র গ্যাসের চাপ + $t°C$ উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ বা অনার্দ্র গ্যাসের চাপ (অর্থাৎ গ্যাসটির যথার্থ চাপ) = P - f.

উদাহরণ

1. 17°C ও 750 মিমি চাপে 400 সিসি অক্সিজেন গ্যাস জলের উপর সংগ্রহ করা হইল। স্বাভাবিক তাপমাত্রা ও চাপে শুষ্ক গ্যাসটির আয়তন কত? জলীয় বাষ্পের চাপ 17°C-এ 14·4 মিমি

সমাধান :—অক্সিজেনের চাপ = 750 − 14·4 = 735·6 মি.মি.

ধরা যাক প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে, অক্সিজেনের নির্ণেয় আয়তন = V সি.সি.

অতএব সংযুক্ত বয়েল ও চার্লস সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{400 \times (750 - 14{\cdot}4)}{273 + 17} = \frac{V \times 760}{273}$$

$$\text{বা,} \quad V = \frac{400 \times 735{\cdot}6 \times 273}{760 \times 290} = 364{\cdot}46 \text{ সি. সি.}$$

দ্রষ্টব্য : নির্দিষ্ট-ভরের আর্দ্র গ্যাসের আয়তন অনার্দ্র গ্যাসের আয়তন অপেক্ষা অধিক হইয়া থাকে।

2. 0°C উষ্ণতায় 1 লিটার আয়তনে 8 গ্রাম O_2 ও 2 গ্রাম H_2 মিশান হইল। প্রতিটি গ্যাসের অংশ চাপ ও মোট চাপ নির্ণয় কর।

সমাধান : O_2-এর মোল সংখ্যা = $\frac{8}{32} = 0{\cdot}25$; H_2র মোল সংখ্যা = $\frac{2}{2} = 1{\cdot}0$.

$$O_2\text{এর অংশ চাপ } p_1 = n_1RT/V = \frac{0{\cdot}25 \times 0{\cdot}082 \times 273}{1} = 5{\cdot}597 \text{ অ্যাটমস}$$

$$H_2\text{এর অংশ চাপ } p_2 = n_2RT/V = \frac{1{\cdot}0 \times 0{\cdot}082 \times 273}{1}$$

$$= 22{\cdot}386 \text{ অ্যাটমস্ফিয়ার}$$

$$\text{মিশ্রণের মোট চাপ } P = p_1 + p_2 = 5{\cdot}597 + 22{\cdot}386$$

$$= 27{\cdot}983 \text{ অ্যাটরস্ফিয়ার}$$

3. 1 গ্রাম O_2, 1 গ্রাম H_2 ও 1 গ্রাম CH_4-র গ্যাস মিশ্রণের মোট চাপ 1 অ্যাটমস্ফিয়ার। গ্যাসগুলির অংশ চাপ কত?

সমাধানঃ O_2, H_2 ও CH_4এর মোল সংখ্যা $\frac{1}{32}, \frac{1}{2}, \frac{1}{16}$;

মোট মোল সংখ্যা $\frac{1}{32}+\frac{1}{2}+\frac{1}{16}=\frac{19}{32}$

O_2, H_2, CH_4 এর মোল ভগ্নাংশ $\frac{1}{32}/\frac{19}{32}$; $\frac{1}{2}/\frac{19}{32}$; $\frac{1}{16}/\frac{19}{32}$

কাজেই O_2 এর অংশ চাপ $=\frac{1}{32}\times\frac{32}{19}\times 760=40$ মি.মি.

H_2 ,, ,, $=\frac{1}{2}\times\frac{32}{19}\times 760=640$ মি.মি.

CH_4 ,, ,, $=\frac{1}{16}\times\frac{32}{19}\times 760=80$ মি মি.

গ্যাসের ব্যাপন বা ব্যাপ্তি (Diffusion of Gases) ঃ

সকল গ্যাসের পরস্পরের সহিত মিশ্রিত হইবার একটি সহজাত প্রবণতা আছে। যেমন একটি বড় ঘরে যদি অ্যামোনিয়া বা ক্লোরিনের কোন পাত্র উন্মুক্ত করা যায় তবে কয়েক সেকেণ্ডের মধ্যেই, গ্যাসগুলির তীব্র গন্ধ ঘরের প্রতি অংশেই অনুভূত হয়। যদিও ঘরটি বায়ু দ্বারা পূর্ণ এবং ক্লোরিন বায়ু অপেক্ষা গুরুভার, তথাপি ক্লোরিন বায়ুতে ছড়াইয়া পড়ে এবং ঘরের সর্বত্র ক্লোরিনের অনুপাত একই দেখা যাইবে। সেইরূপ, একটি হাইড্রোজেনের ও একটি অক্সিজেনের জার মুখোমুখি রাখিলে (চিত্র, 14) কিছুক্ষণের মধ্যেই গ্যাস দুইটি পরস্পরের সহিত মিশিয়া যায়, অর্থাৎ উপরের জার হইতে কিছু হাইড্রোজেন নীচের দিকে নামে, এবং নীচের জার হইতে কিছু অক্সিজেন উপর দিকে উঠে। যদিও হাইড্রোজেন অতি লঘুভার এবং অক্সিজেন গুরুভার, তথাপি ইহা ঘটিতে থাকে এবং যতক্ষণ না হাইড্রোজেন ওতপ্রোতভাবে অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত হয়, ততক্ষণ মাধ্যাকর্ষণের বিরুদ্ধেও গ্যাস চলাচল করিতে থাকে। বস্তুতঃ সমস্ত গ্যাসীয় মিশ্রণই সমসত্ত্ব। **একটি গ্যাসের সহিত অপর একটি গ্যাসের মিশ্রিত হইবার স্বাভাবিক প্রক্রিয়াকে ব্যাপন** (Duffusion) **বলে।**



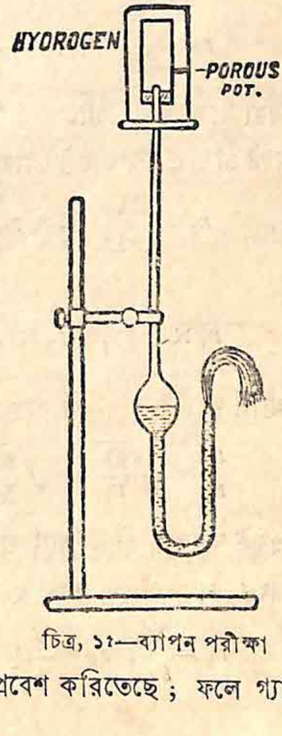
চিত্র, 14—ব্যাপন

এই ব্যাপন প্রবণতা কঠিন ও তরল পদার্থেও দেখা যায়, তবে কঠিনে ইহা সামান্যতম, নাই বলিলেই চলে; তরলে যথেষ্ট, কিন্তু গ্যাসেই খুব বেশী। ইহা গ্যাসেরই ধর্ম বলিলে অত্যুক্তি হয় না। পদার্থের গঠনাত্মক উপাদান কণিকার চলাচলের জন্যই ইহা ঘটিয়া থাকে। বাহির হইতে কোন শক্তি প্রয়োগের দরকার হয় না। কঠিন পদার্থের গঠনাত্মক কণাসমূহ (পরমাণু, আয়ন, অণু) প্রভৃতি অত্যন্ত ঘন সন্নিবিষ্ট এবং উহাদের পরস্পরের বাঁধন খুবই দৃঢ়; উহারা নিজনিজ মাধ্যম অবস্থানের দুই ধারে সামান্য কম্পিত হইতে পারে; স্থানচ্যুত হইয়া অবাধে বিচরণ

করিতে পারে না। তরলে উপাদান কণিকাদের আকর্ষণ যথেষ্ট হইলেও ইহারা ইতস্ততঃ ছুটাছুটি করিতে পারে। গ্যাসে কণিকাদের বাঁধন অত্যন্ত শিথিল ; নাই বলা চলে। সেকারণে গ্যাসের উপাদান সমূহ এলোমেলোভাবে কিন্তু সরল রেখায় খুব দ্রুত ছুটাছুটি করিয়া চতুর্দিকে ছড়াইয়া পড়িতে পারে। লঘুভার গ্যাস গুরুভার গ্যাস অপেক্ষা দ্রুততর ব্যাপিত হইয়া থাকে।

(1) **পরীক্ষা :** 75 সেমি লম্বা একটি কাচনল লইয়া উহার খোলা দুই মুখে দুইটি রবার ছিপি লাগানো হইল। প্রত্যেকটি ছিপিতে একটি খাঁজ কাটা থাকে ; একটি খাঁজে NH_3 সিক্ত তুলাখণ্ড ও অপরটিতে HCl-সিক্ত তুলাখণ্ড রাখিয়া একই সঙ্গে ছিপি দুইটি কাচনলটির বিপরীত প্রান্ত মুখে লাগানো হইল। একপ্রান্ত হইতে NH_3 গ্যাস ও অপর প্রান্ত হইতে HCl গ্যাস নির্গত হইয়া আসে ও উহাদের বিক্রিয়ায় NH_4Cl উৎপন্ন হয়। NH_4Cl-এর সাদা ঘন ধোঁয়া HCl গ্যাস উৎসের কাছাকাছি কাচ নলে দেখা যাইবে। NH_3 গ্যাস HCl গ্যাস অপেক্ষা হাল্‌কা ; কাজেই HCl গ্যাসের কাচ নলের অর্ধেক পথ অতিক্রম করিবার অনেক আগেই NH_3 গ্যাস দ্রুততর বেগে আসিয়া উহার সঙ্গে মিলিত হয়।

(2) **পরীক্ষা :** বিদ্যুত-কোষে যেরূপ সচ্ছিদ্র পাত্র (porous pot) ব্যবহার হয়, সেইরূপ একটি সচ্ছিদ্র পাত্রের মুখ একটি ইণ্ডিয়া-রবারের ছিপির দ্বারা বন্ধ করা হইল। রবার ছিপিটির মধ্যে একটি কাচনলের এক প্রান্ত প্রবেশ করানো হইল ; কাচনলটির অপর দিক ইউ-টিউবের মত বাঁকাইয়া প্রান্ত শেষে একটি জেট (Jet) করা হইল। কাচনলটিকে লম্বভাবে একটি বন্ধনীর দ্বারা একটি দণ্ডে যুক্ত করা হইল।



চিত্র, ১৫—ব্যাপন পরীক্ষা

প্রথমে সচ্ছিদ্র পাত্রটিকে সরাইয়া কাচনলটির নিম্নাংশ রঙীন জলে পূর্ণ করা হইল ও পরে সচ্ছিদ্র পাত্রটিকে যথাস্থানে প্রতিস্থাপন করা হইল (চিত্র ১৫)। নলটির দুই বাহুতেই জলের তল প্রথমে সমান থাকে। এখন একটি হাইড্রোজেন পূর্ণ বীকার সচ্ছিদ্র পাত্রটির উপর উপুড় করিয়া দিলে দেখা যায় যে জেটের মুখ হইতে সূক্ষ্ম ছিদ্রপথে ফোয়ারার ন্যায় জল উৎক্ষিপ্ত হইতেছে। ইহার কারণ :—বায়ু অপেক্ষা লঘু হাইড্রোজেন অমসৃণ সচ্ছিদ্র পাত্রটির সূক্ষ্ম ছিদ্রগুলির মধ্য দিয়া বায়ু অপেক্ষা দ্রুতবেগে প্রবেশ করিতেছে ; ফলে গ্যাসের

অণুর সংখ্যা পাত্রটির মধ্যে বৃদ্ধির ফলে যে বর্ধিত চাপের সৃষ্টি হইতেছে উহাই নলমধ্যস্থ জলের উপর চাপ প্রয়োগ করিয়া নলের জলকে উৎক্ষিপ্ত করিতেছে।

ব্যাপন হার বা বেগ (Rate of diffusion)ঃ গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র (Grahm's law of diffusion)ঃ

যে কোন নির্দিষ্ট সচ্ছিদ্র প্রাচীরের ভিতর দিয়া প্রতি সেকেণ্ডে যতটুকু গ্যাস নির্গত হয় তাহাকে এই গ্যাসের ব্যাপন হার বলে। যদি t সেকেণ্ডে ব্যাপিত গ্যাসের আয়তন V সি সি. হয়; তাহা হইলে গ্যাসটির ব্যাপন হার $=\frac{V}{t}$ সি.সি./সেঃ

গ্যাসের ব্যাপন হার চাপ ও উষ্ণতার উপর নির্ভর করে। গ্যাসের চাপ ও উষ্ণতা যত বৃদ্ধি পাইবে ব্যাপন হারও তত বেশী হইবে। আবার গ্যাসের ব্যাপন হার উহার ঘনত্বের উপর নির্ভরশীল। বিজ্ঞানী গ্রাহাম পরীক্ষার সাহায্যে প্রমাণ করেন, যে গ্যাস যত ভারী সেই সেই গ্যাসের ব্যাপন হার তত কম এবং এই বিষয়ে একটি সূত্র আবিষ্কার করেন।

গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র ঃ "নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের ব্যাপন হার উহার ঘনত্বের বর্গমূলের বিপরীত অনুপাতে পরিবর্তিত হয়।" কোন গ্যাসের ঘনত্ব যদি d এবং ব্যাপন হার r হয় তাহা হইলে,

$$r \propto \frac{1}{\sqrt{d}} \text{ অথবা } r = \frac{k}{\sqrt{d}} \text{ (} k \text{ একটি নিত্য সংখ্যা)}$$

ধরা যাক, দুইটি গ্যাসের আপেক্ষিক ঘনত্ব D_1 ও D_2 এবং তাহাদের ব্যাপন বেগ [নির্দিষ্ট চাপ ও উষ্ণতায়] যথাক্রমে r_1 ও r_2। অতএব গ্রাহাম সূত্রানুযায়ী—

$$r_1 \propto \frac{1}{\sqrt{D_1}} \text{ এবং } r_2 \propto \frac{1}{\sqrt{D_2}} \quad \text{বা,} \quad r_1 = \frac{k}{\sqrt{D_1}} \text{ এবং } r_2 = \frac{k}{\sqrt{D_2}}$$

[$k =$ ধ্রুবক]

$$r_1 \times \sqrt{D_1} = r_2 \times \sqrt{D_2} \quad \text{বা,} \quad \frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}}$$

গ্যাস দুইটির আণবিক ভার যদি M_1 এবং M_2 হয় তাহা হইলে।

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}} = \sqrt{\frac{M_2/2}{M_1/2}} = \sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad [\because M = 2D]$$

একই অবস্থায় দুইটি গ্যাসের সমান আয়তন (V সি. সি.) ব্যাপিত হইতে যদি t_1 এবং t_2 সময় লাগে, তাহা হইলে

$$r_1 = \frac{V}{t_1}; \; r_2 = \frac{V}{t_2} \text{ [} r_1, r_2 \text{ গ্যাস দুইটির ব্যাপন হার]}$$

যেহেতু, $\frac{r_1}{r_2}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$ [M_1, M_2 উহাদের আণবিক ভার]

$$\therefore \frac{V}{t_1}\Big/\frac{V}{t_2}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}} \quad \text{বা,} \quad \frac{t_2}{t_1}=\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$$

এখন হাইড্রোজেনের ঘনত্ব $=1$ এবং অক্সিজেনের ঘনত্ব $=16$, যদি হাইড্রোজেনের ব্যাপন বেগকে r_H এবং অক্সিজেনের ব্যাপন-বেগকে r_O বলা যায়—তবে,

$$\frac{r_O}{r_H}=\sqrt{\frac{1}{16}}=\frac{1}{4} \quad \left[\because \frac{r_1}{r_2}=\frac{\sqrt{d_2}}{\sqrt{d_1}} \right]$$

বা, $r_H=4\times r_O$

অর্থাৎ হাইড্রোজেনের ব্যাপন-বেগ অক্সিজেনের ব্যাপন-বেগ অপেক্ষা 4 গুণ বেশী। অন্য কথায় হাইড্রোজেন অক্সিজেন অপেক্ষা চতুর্গুণ দ্রুতভাবে ব্যাপিত হইয়া থাকে।

আবার, হাইড্রোজেনের ব্যাপন-বেগ $=\frac{\text{ব্যাপিত হাইড্রোজেনের আয়তন}}{\text{সময়}}$

এবং অক্সিজেনের ,, ,, $=\frac{\text{ব্যাপিত অক্সিজেনের আয়তন}}{\text{সময়}}$

যদি, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের ব্যাপিত আয়তনকে যথাক্রমে V ও V_1 ধরা যায় এবং উহাদের ব্যাপন-সময়কে যথাক্রমে t ও t_1 ধরা যায়; তবে

$$r_H=\frac{V}{t} \text{ এবং } r_O=\frac{V_1}{t_1}$$

$$\text{কিন্তু } r_H=4\times r_O \quad \therefore \quad \frac{V}{t}=4\times\frac{V_1}{t_1}$$

গ্যাসের পারস্পরিক ব্যাপন-বেগের এই সহজাত প্রবণতাকে উহাদের মিশ্র হইতে পৃথকীকরণের ক্ষেত্রে প্রয়োগ করা চলে। এই প্রক্রিয়াকে বায়ববিশ্লেষণ (Atmolysis) বলা হয়।

ব্যাপন হারের পার্থক্যের উপর ভিত্তি করিয়া ইউরেনিয়াম আইসোটোপগুলিকে ^{238}U হইতে ^{235}U-তে পৃথক করা হয়।

প্রাকৃতিক ইউরেনিয়ামকে ফ্লোরাইডে (UF_6) পরিণত করিয়া ফ্লোরাইডকে অল্প চাপে সরু ছিদ্রপথে বাহির করিয়া দেওয়া হয়। $^{238}UF_6$ অপেক্ষা $^{235}UF_6$ দ্রুততর ব্যাপিত হয়।

দ্রষ্টব্য ঃ সাধারণ গ্যাসের ব্যাপনের মাত্রা পরিমাপ করা দুরূহ বলিয়া উহাদের **অভিব্যাপনের** (Effusion) মাত্রাই পরিমাপ করা রীতি। কোন গ্যাসকে চাপ সহযোগে একটি সূচীমুখ (pin hole) ছিদ্রপথে বহির্গত করায় প্রক্রিয়াকে **অভিব্যাপন** (Effusion) বলা হয়। সূচীমুখ-ছিদ্রপথের পরিবর্তে গ্যাসটির বহির্গমনের জন্য কোন সচ্ছিদ্র পদার্থ যেমন, প্যারিসপ্লাস্টারের পর্দা, অমসৃণ পোর্সিলেন বা মাটির পাত্রও ব্যবহার করা যাইতে পারে। অভিব্যাপনের ক্ষেত্রেও গ্রাহামের সূত্র প্রযোজ্য।

গাণিতিক উদাহরণ

1. CO_2 ও O_3 এর ব্যাপন হার যথাক্রমে 0·29 এবং 0·271 ; CO_2 ; এর আপেক্ষিক ঘনত্ব 22 হইলে O_3 এর ঘনত্ব কত ?

সমাধান : গ্রাহামের সূত্রানুযায়ী।

$$\frac{r_1}{r_2}=\sqrt{\frac{d_2}{d_1}}$$

এখানে $r_1 = CO_2$ এর ব্যাপন হার $= 0·29$; $r_2 = O_3$ এর ব্যাপন হার $= 0·271$; $d_1 = CO_2$-এর আপেক্ষিক ঘনত্ব $= 22$; $d_2 = O_3$ এর আপেক্ষিক ঘনত্ব ?

$$\therefore \quad \frac{0·29}{0·271}=\sqrt{\frac{d_2}{22}}; \text{ বা, } \sqrt{d_2}=\frac{0·29}{0·27}\times\sqrt{22}=0·29\times 4·69\times 3\ 69$$

$$\text{বা, } \sqrt{d_2}=5·02 \quad \text{বা, } d_2=(5·02)^2=25·2 \text{ (প্রায়)}$$

2. নাইট্রোজেনের ঘনত্ব লিটার প্রতি 1·25 গ্রাম এবং অক্সিজেনের ঘনত্ব লিটার প্রতি 1·43 গ্রাম। কোনটির ব্যাপন হার বেশী ও কত বেশী ?

সমাধান :

$$\frac{N_2 \text{ এর ব্যাপন হার}}{O_2 \text{ এর ব্যাপন হার}}=\sqrt{\frac{1·43}{1·25}}=1\ 07$$

N_2 এর ব্যাপন হার বেশী এবং O_2 ব্যাপন হারের 1·07 গুণ।

3. একটি পাত্রের ভিতর দিয়া 100 সিসি H_2 গ্যাসের ব্যাপিত হইতে 20 মিনিট লাগে ; একই অবস্থায় ব্যাপিত হইতে 40 সিসি O_2 এর কত সময় লাগিবে ?

সমাধান : $\dfrac{O_2 \text{ এর ব্যাপন বেগ}}{H_2 \text{ এর ব্যাপন বেগ}}=\dfrac{\sqrt{1}}{\sqrt{16}}=\dfrac{1}{4}$

[H_2 এর ব্যাপন-বেগ $= 4\times O_2$ এর ব্যাপন বেগ।]

$$\text{কিন্তু অক্সিজেনের ব্যাপন-বেগ}=\frac{\text{ব্যাপিত অক্সিজেনের আয়তন}}{\text{সময়}}=\frac{v_1}{t_1}$$

$$\text{এবং হাইড্রোজেনের ,, ,,}=\frac{\text{ব্যাপিত হাইড্রোজেনের আয়তন}}{\text{সময়}}=\frac{v}{t}$$

$$\therefore \quad \frac{v}{t}=4\times\frac{v_1}{t_1} \quad \text{বা} \quad t_1=4\times\frac{v_1}{v}\times t=\frac{4\times 40\times 20}{100}=32 \text{ মিনিট}$$

4. 620 সিসি বাতাস ও 500 সিসি একটি গ্যাস A, ছিদ্রের ভিতর দিয়া একই সময়ে ব্যাপিত হয়। বাতাসের আপেক্ষিকে গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয় কর

সমাধান : গ্রাহামের সূত্রানুযায়ী—

$$\frac{\text{A গ্যাসটির ঘনত্ব}}{\text{বায়ুর ঘনত্ব}} = \frac{\text{বায়ুর ব্যাপন বেগ}}{\text{A গ্যাসটির ব্যাপন বেগ}}$$

$$\therefore \quad \frac{\text{A গ্যাসটির ঘনত্ব}}{\text{বায়ুর ঘনত্ব}} = (620 \div 500)^2 = 1{\cdot}54$$

বা, বায়ুর আপেক্ষিকে, A গ্যাসটির ঘনত্ব = 1·54,

5. একই সচ্ছিদ্র প্রাচীরের ভিতর দিয়া আসিতে একই আয়তন পরিমাণ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের যদি যথাক্রমে 16 সেকেণ্ড ও 64 সেকেণ্ড লাগে তবে অক্সিজেনের আণবিক ভার কত হইবে ?

সমাধান : ধরা যাক্ H_2 ও O_2 এর আণবিক ভার যথাক্রমে M_{H_2} ও M_{O_2} ; তাহা হইলে

$$\frac{M_{O_2}}{M_{H_2}} = \frac{64^2}{16^2} \text{ অথবা } \frac{M_{O_2}}{2} = 16, \ \therefore \ M_{O_2} = 2 \times 16 = 32$$

6. 16 সি. সি. H_2, 50 সেকেণ্ডে একটি সচ্ছিদ্র পাত্রের ভিতর দিয়া ব্যাপিত হয়। একই অবস্থায় একই সময়ে কত আয়তন SO_2 ব্যাপিত হইবে ?

সমাধান : ধরা হয় H_2 এর ব্যাপন হার r_1 এবং আণবিক ভার M_H ; SO_2 এর ব্যাপন হার r_2 এবং আঃ ভার M_{SO_2} ;

এখানে, $r_1 = \frac{16}{50}$ এবং $r_2 = \frac{V}{50}$; [V = ব্যাপিত SO_2 এর আয়তন]

$$M_H = 2 \ ; \quad M_{SO_2} = 64$$

$$\frac{r_1}{r_2} = \sqrt{\frac{M_{SO_2}}{M_H}} \ ; \text{ বা, } \frac{16}{V} = \sqrt{\frac{64}{2}} = \frac{8}{\sqrt{2}}$$

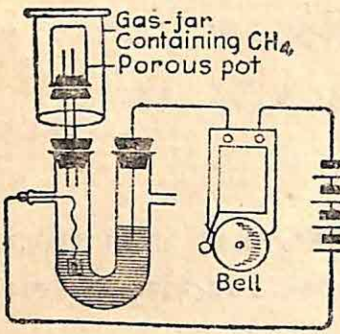
$$V = 2\sqrt{2} = 2{\cdot}83 \text{ সি. সি.}$$

গ্যাসের ব্যাপন-প্রণালীর ব্যবহারিক প্রয়োগ :

(Practical application of the process of Diffusion of gases) :

(১) কোন কোন ক্ষেত্রে কয়লা খনির অভ্যন্তরে পুঞ্জিত মার্স-গ্যাসের বিস্ফোরণ-জনিত বিপদ ঘটে। এইরূপ দুর্ঘটনা হইতে রক্ষা পাইবার জন্য—'মার্স-গ্যাস-সতর্কীকরণ সংকেত' (Marsh-Gas Alarm Indicator) যন্ত্র ব্যবহার হয়। যন্ত্রটিতে

একটি সচ্ছিদ্র পাত্র, নলের দ্বারা একটি পারদ-যুক্ত ইউ-টিউবের সহিত সংযুক্ত থাকে। পারদের সহিত একটি ইলেকট্রিক-বেল বা বিদ্যুৎ-ঘণ্টা কৌশলে যুক্ত থাকে (চিত্র ১৬)। খনির মধ্যে মার্স-গ্যাস জমিয়া থাকিলে, উহা সচ্ছিদ্র পাত্রের অভ্যন্তরে ব্যাপিত হয় ও ফলে ইউ-টিউবের নলের পারদতলে চাপ পড়ে। পারদ ইউ-টিউবের অন্য বাহুতে উঠিতে থাকে ও বৈদ্যুতিক সংযোগ ঘটিয়া ঘণ্টাটি বিপদজ্ঞাপন করিয়া বাজিতে থাকে।



চিত্র, ১৬—গ্যাসের ব্যাপনের প্রয়োগ

(২) একটি গ্যাস-মিশ্র হইতে উপাদানগুলিকে ব্যাপন প্রণালীর সাহায্যে পৃথক করা যাইতে পারে।

(৩) গ্যাসের ঘনত্ব নির্ণয়ের জন্য, ব্যাপন প্রণালীর প্রয়োগ করা যাইতে পারে।

(৪) ব্যাপন-প্রণালী সম্ভবতঃ গৃহাভ্যন্তরে বায়ু-চলাচলের ক্ষেত্রেও অংশ গ্রহণ করে। গৃহনির্মাণের উপাদানগুলি সচ্ছিদ্র বলিয়া, ইহার মধ্য দিয়া উভয় পথেই বায়ুর ব্যাপন ঘটে।—(মেলর)

অনুশীলনী

1. বয়েল ও চার্লসের সূত্রদ্বয় ব্যাখ্যা কর।

চার্লসের সূত্র সাহায্যে তাপমাত্রার চরম স্কেল ব্যাখ্যা কর।
চরম বা পরম শূন্যের তাৎপর্য কি ?

2. 2 লিটার কোন গ্যাসকে নিত্য চাপে 1000°C হইতে 0°C উষ্ণতায় ঠাণ্ডা করিলে উহার আয়তন কত হইবে ? [0·4282 লিটার]

3. 1 অ্যাটমস্ফিয়ার চাপের $5·40 \times 10^3$ মিলি কোন গ্যাসকে $7·00 \times 10^3$ মিলি-তে প্রসারিত করা হইল। নূতন চাপ কত ? [উষ্ণতা ও গ্যাসের পরিমাণ অপরিবর্তিত] [0·771 আটমস্ফিয়ার]

4. আয়তন স্থির রাখিয়া কোন তাপমাত্রায় 20°C উষ্ণতা ও 2 অ্যাটমস্ফিয়ার চাপে 2 লিটার কোন গ্যাসের চাপ তিনগুণ করা যাইবে ? [606°C]

5. স্থির চাপে 0°C হইতে 35°C উষ্ণতা বৃদ্ধিতে কোন। গ্যাসের আয়তন 1 লিটার হইতে বৃদ্ধি পাইয়া 2 লিটার হইল। ইহা হইতে পরম শূন্যের মান (সেন্টিগ্রেড স্কেলে) নির্ণয় কর। [−273·4°C]

6. 60 মিলি হাইড্রোজেন গ্যাসকে 20°C হইতে −20°C উষ্ণতায় হ্রাস করা হইল। গ্যাসটির আয়তন কত হইবে ? [51·8 মি.লি.]

7. 50 সিসি হাইড্রোজেন গ্যাস পারদের উপর সংগৃহীত করা হইল। পারদ তল হইতে গ্যাসজারের পারদ স্তম্ভ 20 সেমি উপরে। হাইড্রোজেন গ্যাসের চাপ কত এবং পারদ তল ভিতরে ও বাহিরে এক সমতলে করা হইলে (P = 760 মিমি) উহার আয়তন কত ?

[560 মিমি ও 36·84 সিসি]

8. কোন তাপমাত্রায় বাতাসের ঘনত্বের 0°C হাইড্রোজেনের ঘনত্ব সমান হইবে ? [3658·2°C]

20°C উষ্ণতায় 10 সিসি হাইড্রোজেনের আয়তন 100°C, 180°C ও 200°C উষ্ণতায় কত হইবে। (চাপ অপরিবর্তিত) [12·73 সিসি, 15·46 সিসি, 16·14 সিসি]

9 (i) একটি গ্যাসের উষ্ণতা, চাপ, আয়তন ও গ্রাম অণুর মধ্যে সম্পর্ক কি ? যে সকল সূত্র হইতে এই সম্পর্কটি পাওয়া যায়, সেইগুলি বিবৃত কর। এই সূত্রগুলি হইতে কি ভাবে এই সম্পর্কটি নির্ণয় করা হয় ?

(ii) একই আকারের ও একই উষ্ণতায় দুইটি ফ্লাস্কের একটিতে H_2 ও অপরটিতে সমান ওজনের অক্সিজেন রাখা হইল—

(a) কোন ফ্লাস্কে অণুর সংখ্যা বেশী ও কত বেশী ?

(b) কোন ফ্লাস্কে চাপ বেশী ও কত বেশী ?

10. নির্দিষ্ট পরিমাণ কোন গ্যাসের প্রারম্ভিক (initial) ও পরিবর্তিত আয়তন, চাপ ও তাপমাত্রা নীচে দেওয়া হইল। প্রদত্ত প্রশ্নমত উত্তর দাও :—

	প্রারম্ভিক			পরিবর্তিত		
	V	T	P	V′	T′	P′
(a)	38 সিসি	27°C	750 মিমি	?	0°C	760 সিসি
(b)	10 সিসি	20°C	3 অ্যাটমস্ফিয়ার	?	100°C	1 অ্যাটমস্ফিয়ার
(c)	100 সিসি	27°C	700 মিমি	80 সিসি	127°C	?
(d)	1000 সিসি	?	750 মিমি	1110 সিসি	23°C	800 মিমি
(e)	?	270°C	700 মিমি	637 সিসি	0°C	760 মিমি
(f)	500 সিসি	17°C	870 মিমি	450 সিসি	?	750 মিমি
	1000 সিসি	27°C	760 মিমি	?	327°C	1520 মিমি
		[34 সিসি	38 সিসি	1117 মিমি	−23°C	760 সিসি
					−48°C]	

11. 10°C তাপমাত্রায় 1 লিটার গ্যাসের তাপ প্রয়োগে চাপ ও আয়তন দ্বিগুণ করা হইল। তখনকার তাপমাত্রা কত ? [859°C]

12. 27°C উষ্ণতায় কিছু পরিমাণ গ্যাস ও উহার মধ্যে অবস্থিত এক টুকরা কাচ সমেত মোট আয়তন 100 সিসি ; চাপ ও তাপমাত্রা দ্বিগুণ করিলে উহাদের মোট আয়তন হয় 59·3 সিসি। কাচ টুকরাটির আয়তন কত ? [10·55 সিসি]

13. প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় হাইড্রোজেনের ঘনত্ব লিটার প্রতি 0·09 গ্রাম। 15°C উষ্ণতা ও 750 মিমি চাপে ইহার ঘনত্ব কত ? [0·084 গ্রাম/লিঃ]

14. 27°C ও 760 মিমি চাপে কোন গ্যাসের ঘনত্ব 14·17°C ও 640 মিমি চাপে ইহার ঘনত্ব কত ? [14·61]

15. ডাল্টনের অংশ চাপ সূত্রটি লিখ এবং একটি উদাহরণের সাহায্যে তাহা ব্যাখ্যা কর।

তিন আয়তন অক্সিজেন ও দুই আয়তন ক্লোরিন গ্যাস একত্রে মিশান হইল। প্রত্যেকটির অংশ প্রেষ কত হইবে? বায়ুর চাপ 760 মিম [O_2 = 450 মিমি, Cl_2 = 304 মিমি]

16. 650 মিমি চাপে 40 সিসি অক্সিজেন, 700 মিমি চাপে 80 সিসি নাইট্রোজেন এবং 760 মিমি চাপে 10 সিসি হাইড্রোজেন একত্রে পৃথক একটি পাত্রে মিশ্রিত করা হইল এবং মোট আয়তন 80 সিসি হইল। পূর্ণ চাপ ও প্রত্যেক গ্যাসের আংশিক চাপ নির্ণয় কর?

[O_2 = 325 মিমি, N_2 = 262·5 মিমি H_2 = 95 মিমি]

17. একটি গ্যাস মিশ্রণে প্রমাণ অবস্থায় আয়তন হিসাবে N_2 – 65%, O_2 – 20%, CO_2 – 15% রহিয়াছে। প্রত্যেকটি গ্যাসের অংশপ্রেষ মিমি-তে বাহির কর। [494(N_2), 152(O_2), 114(CO_2)]

18. 100 সিসি একটি গ্যাসকে 15°C ও 745 মিমি চাপে জলের উপর সংগৃহীত করা হইল। জলের টান 15°C উষ্ণতায় 13 মিমি, প্রমাণ অবস্থায় গ্যাসটির আয়তন কত হইবে?

19. গ্রাহামের ব্যাপন সূত্র বিবৃত কর।

(i) একই চাপ ও তাপমাত্রায় কোন গ্যাসটি দ্রুততর ব্যাপিত হইবে :—

(i) SO_2 বা CO_2 (ii) CH_4 বা C_2H_4 (iii) SO_2 বা CH_4 (v) $17^{35}Cl_2$ বা $17^{37}Cl_2$ (v) $92^{235}UF_6$ বা $92\ ^{235}UF_6$

(ii) নিম্নের গ্যাসজোড়ের ব্যাপন-হার তুলনা কর :—

(i) O_2 ও He, (ii) CO_2 ও H_2. [He 2·5 গুণ, H_2 4·7 গুণ]

20. যদি 100 সেকেণ্ডে 16 সিসি H_2 গ্যাস ব্যাপিত হয়, তবে একই সময়ে একই চাপ ও তাপমাত্রার অবস্থায় কত আয়তন SO_2 ব্যাপিত হইবে? [2·83 সিসি]

21. ওজোন ও ক্লোরিন গ্যাসের ব্যাপন হারের অনুপাত 6 : 5 : ক্লোরিণের ঘনত্ব 36 হইলে ওজোনের আণবিক ভার কত? [48]

22. 5 5 মিনিটে 67 সিসি SO_2 গ্যাস এবং 4 মিনিটে 68·8 সিসি H_2S গ্যাস ব্যাপিত হয়। গ্যাস দুইটির ঘনত্বের অনুপাত কত? [1·87 : 1]

23. H_2 এর ঘনত্ব লিটার প্রতি 0·0899 গ্রাম; Cl_2 এর ঘনত্ব লিটার প্রতি 3·21 গ্রাম। কোন গ্যাসের ব্যাপন হার বেশী এবং কত বেশী? [H_2 এর এবং 5·98 গুণ]

24. একটি গ্যাস X অন্য একটি গ্যাস Y অপেক্ষা 2·7 গুণ দ্রুততর ব্যাপিত হয়। Y এর ঘনত্ব লিটার প্রতি 4·15 গ্রাম, X এর ঘনত্ব কত? [0·57 গ্রাম লিটার প্রতি]

25. 15 মিনিটে 180 সিসি একটি হাইড্রোকার্বন এবং 20 মিনিটে 120 সিসি SO_2 (আ: ভার 64) গ্যাস ব্যাপিত হইলে, হাইড্রোকার্বনটির আণবিক ভার কত? [16]

26. নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের ঘনত্ব যথাক্রমে 1·25 গ্রাম/লিটার ও 0·09 গ্রাম/লিটার। যখন 100 সিসি H_2 গ্যাস ব্যাপিত হয় তখন কত আয়তন নাইট্রোজেন ব্যাপিত হইবে? [28·1 সিসি]

27. 2·24 লিটার আয়তনে ও 273°C উষ্ণতায় একটি খালি পাত্রে 0·202 গ্রাম H_2 ও 0·80 গ্রাম O_2 গ্যাস রাখা হইল। পাত্রে গ্যাসের চাপ কত? একটি বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ সৃষ্টি করিয়া H_2 ও O_2 এর বিক্রিয়া ঘটাইয়া জলীয় বাষ্প উৎপন্ন করা হইল। আয়তন ও উষ্ণতা একই থাকিলে গ্যাসের চূড়ান্ত (*Final*) চাপ কত হইবে? [2·50 অ্যাটমস, 2·00 অ্যাটমস]

28. 4·80 গ্রাম O_2 গ্যাস এবং 2·80 গ্রাম N_2 গ্যাসে কত (i) মোল, (ii) অণু, (iii) পরমাণু আছে।

(a) প্রমাণ অবস্থায় এবং (b) 380 সেমি Hg চাপ ও 273°C উষ্ণতায় উহাদের আয়তন কত ?

[0·150 ও 0·100 মোল ; $9·03\times10^{22}$ ও $6·02\times10^{22}$ অণু ; $1·81\times10^{23}$; $1·20\times10^{23}$ পরমাণু 3·36 ও 2·24 লিটার ; 13·4 ও 8·96 লিটার।]

29. বাতাসের ওজন হিসাবে N_2=74·7%, O_2=22·9%, Ar=1·3%, জলীয় বাষ্প=1·0%, CO_2=0·1% আছে। 20°C ও 740 মিমি চাপে বাতাসের ঘনত্ব কত ? [1·16 গ্রাম/লিটার]

30. 2 গ্রাম H_2 ও 16 গ্রাম O_2 একটি নির্দিষ্ট আয়তনের পাত্রে মিশান হইল (উষ্ণতা এক) এবং মিশ্রণের চাপ 750 মিমি. হইলে H_2 ও O_2 এর অংশচাপ কত ?

[H_2 500 মিমি. O_2, 250 মিমি.]

31. 27°C উষ্ণতায় 1 লিটার আয়তনে 4 গ্রাম O_2, 1 গ্রাম H_2 এবং 7 গ্রাম N_2 মিশানো হইল। প্রতিটি গ্যাসের অংশ ও মোট চাপ নির্ণয় কর :

[P_{O_2}=3·08 অ্যাটমস ; P_{N_2}=12·3 অ্যাটমস ; P_{N_2}=6·15 অ্যাটমস ; P=21·53 অ্যাটমস]

32. গ্যাস সমীকরণ (PV=nRT) হইতে প্রমাণ কর যে কোন গ্যাসের Mαd.

ইঙ্গিত : $PV=nRT=\frac{g}{M}RT$ [M=আণবিক ভার g=গ্যাসের পরিমাণ গ্রামে]

$$M=\frac{g}{V}\ \frac{RT}{M}$$ [$\frac{g}{V}$=একক আয়তনে গ্যাসের পরিমাণ=ঘনত্ব d]

$$M=d\frac{RT}{M};$$ [চাপ ও উষ্ণতা স্থির থাকিলে]

M=d. ধ্রুবক ; ∴ Mαd বা $\frac{M_1}{M_2}=\frac{d_1}{d_2}$

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

প্রথম অধ্যায়

চিহ্ন, সংকেত, যোজ্যতা, রাসায়নিক সমীকরণ, রাসায়নিক গণনাবলী

(Symbol, Formula, Valency, Chemical equation)

পদার্থের গঠন ও বিবিধ পরিবর্তন প্রভৃতি রসায়ন শাস্ত্রের আলোচ্য বিষয়। প্রতিক্ষেত্রেই পদার্থের নাম, গঠন ও পরিবর্তন প্রভৃতি পুরোপুরি লিখিয়া প্রকাশ করা অসুবিধাজনক। সহজ, সরল অথচ স্পষ্ট প্রকাশ বিজ্ঞানের মুখ্য বৈশিষ্ট্য। সেইজন্য সংক্ষিপ্ত উপায় অবলম্বন করা হয়। প্রাচীনকালে বিজ্ঞানীরা সাংকেতিক চিত্রের সাহায্যে বিভিন্ন মৌল ও যৌগিকের নাম প্রকাশ করিতেন। প্রাচীন রসায়নবিদরা ধাতুর সহিত জ্যোতিষ্কের কল্পনা করিয়া প্রাচীন ভারতীয় ও গ্রীক জ্যোতির্বিদদের ব্যবহৃত জ্যোতিষ্কগুলির বিভিন্ন সাংকেতিক চিহ্নকে কতিপয় ধাতুর প্রতীকরূপে ব্যবহার করিতেন।

বিজ্ঞানী জন ডাল্টন (1803 খ্রীষ্টাব্দ) বৃত্ত ও বৃত্তের ভিতরে নানাপ্রকার চিহ্ন সহযোগে মৌল ও যৌগিককে প্রকাশ করিতেন। এইসব পদ্ধতি খুবই জটিল ছিল এবং ইহাদের সাহায্যে সমস্ত পদার্থের নাম বা রাসায়নিক বিক্রিয়া প্রকাশ করা সাধ্যাতীত ছিল; কাজেই কিছুকাল পরে উহা পরিত্যক্ত হয়। সুইডেনবাসী বিজ্ঞানী বার্জিলিয়াস উনবিংশ শতাব্দীর গোড়ার দিকে (1915 খ্রীষ্টাব্দে) বর্তমানে প্রচলিত মৌলদের চিহ্ন প্রথা প্রবর্তন করেন।

চিহ্ন (Symbol) :—এ পর্যন্ত 105টি মৌলিক পদার্থের সন্ধান মিলিয়াছে এবং প্রত্যেক মৌলেরই এক একটি নাম আছে। **মৌলের নামের সংক্ষেপকে চিহ্ন বলে।** চিহ্ন সাধারণতঃ মৌলের ইংরাজী বা ল্যাটিন নামের প্রথম অক্ষর। চিহ্ন বড় হাতের অক্ষরে (Capital letter) লেখা হয়। যেমন হাইড্রোজেন (Hydrogen), অক্সিজেন (Oxygen), নাইট্রোজেন (Nitrogen), সালফার (Sulphur), প্রভৃতির চিহ্ন যথাক্রমে H, O, N, S ইত্যাদি। এই আদ্যক্ষর অধিকাংশ ধাতব মৌলের ক্ষেত্রে উহাদের ল্যাটিন নাম হইতে লওয়া হইয়াছে। একাধিক মৌলের নাম যখন একই আদ্যক্ষর দ্বারা আরম্ভ হয়, তখন উহাদের মধ্যে যে কোন একটিকে আদ্যক্ষর দ্বারা

এবং অপরগুলি আদ্যক্ষরের সহিত উচ্চারণে প্রাধান্য পায় এমন আর একটি পরবর্তী অক্ষরের (ছোট হাতের) সমন্বয়ে নির্দেশিত হইয়া থাকে। যেমন,

নাম	চিহ্ন	নাম	চিহ্ন
কার্বন, Carbon	C	বোরণ, Boron	B
ক্লোরিন, Chlorine	Cl	বেরিলিয়াম, Berilliun	Be
ক্রোমিয়াম, Chromium	Cr	বেরিয়াম, Barium	Ba
কোবাল্ট, Cobalt	Co	বিসমাথ, Bismuth	Bi
ক্যাডমিয়াম, Cadmium	Cd	ব্রোমিন, Bromine	Br

ক্লোরিন ও ক্রোমিয়ামের ক্ষেত্রে *h* এর উচ্চারণ স্পষ্ট নয় ; *l* ও *r* এর উচ্চারণ স্পষ্ট।

কয়েকটি ধাতব মৌলের চিহ্ন ঃ

মৌলের নাম

বাংলায়	ইংরাজীতে	ল্যাটিনে	চিহ্ন
সোডিয়াম	Sodium	Natrium	Na
পটাসিয়াম	Potassium	Kalium	K
তাম্র বা তামা	Copper	Cuprum	Cu
রৌপ্য বা রূপা	Silver	Argentun	Ag
লৌহ	Iron	Ferrum	Fe
সীসা	Lead	Plumbum	Pb
পারদ	Mercury	Hydrargyrum	Hg
স্বর্ণ	Gold	Aurum	Au

চিহ্নের তাৎপর্য (Significance of a Symbol) ঃ চিহ্নমাত্রেরই একটি গুণগত বা আদিক (qualitative) ও একটি মাত্রিক (quantitative) এই দুইটা দিক আছে। চিহ্ন (i) মৌলের সংক্ষিপ্ত নাম (গুণগত দিক), (ii) উহা মৌলের একটি পরমাণু ও (iii) মৌলটির পারমাণবিক ভার (মাত্রিক দিক) প্রকাশ করে। যেমন C দ্বারা বুঝায় (i কার্বন মৌল, ii) এক পরমাণু কার্বন এবং (iii) 12 ভাগ ওজনের কার্বন। একাধিক পরমাণু বুঝাইতে চিহ্নের বাম দিকে নির্দিষ্ট সংখ্যা বসাইতে হয়। যেমন 2টি হাইড্রোজেন; 3টি ক্লোরিন বা 4টি আয়রন পরমাণু বুঝাইতে 2H, 3Cl, 4Fe ইত্যাদি লিখিতে হয়।

সংকেত (Formula) ঃ—পরমাণু স্বাধীনভাবে থাকিতে পারে না [ধাতু, হিলিয়াম, নিয়ন প্রভৃতি বিরল গ্যাস প্রভৃতি ছাড়া]। দুই বা ততোধিক পরমাণু যুক্ত

হইয়া অণুরূপে অবস্থান করে। অণুর স্বাধীন অস্তিত্ব আছে। অর্থাৎ স্বাধীন অস্তিত্ব সম্পন্ন পদার্থের ক্ষুদ্রতম অংশকে অণু বলা হয়। অণুকেও সংক্ষেপে প্রকাশ করা হয়। মৌল বা যৌগের **অণুর সংক্ষিপ্ত প্রকাশকে সংকেত বলা হয়**। পরমাণুর ক্ষেত্রে যাহা চিহ্ন, অণুর ক্ষেত্রে তাহাই সংকেত। মৌলের অণু **একই রকমের** নির্দিষ্ট সংখ্যক পরমাণু সমবায়ে গঠিত আর বিভিন্ন মৌলের পরমাণু নির্দিষ্ট সংখ্যায় সংযুক্ত হইয়া যৌগের অণু গঠন করে। কোন মৌলের একটি অণুতে যতগুলি পরমাণু আছে সেই সংখ্যাটি ছোট হাতের অক্ষরে পরমাণুর চিহ্নের ডান দিকে একটু নীচে লিখিয়া ঐ মৌলটির সংকেত পাওয়া যাইবে। যেমন হাইড্রোজেন, অক্সিজেন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি অণুতে 2টি করিয়া পরমাণু থাকে ; ফসফরাসের অণুতে বর্তমান 4টি পরমাণু ; কাজেই উহাদের সংকেত যথাক্রমে H_2, O_2, N_2, P_4 ইত্যাদি। যে সব মৌলের অণু একটি পরমাণুদ্বারা সৃষ্ট বা যে সব মৌলের অণুতে পরমাণুর সংখ্যা অনির্দিষ্ট বা জানা যায় নাই, তাহাদের ক্ষেত্রে মৌলের চিহ্ন দ্বারাই সংকেত প্রকাশ করা হয়। যেমন হিলিয়াম, নিয়ন, প্রভৃতি বিরল গ্যাস, কার্বন, কপার, আয়রন প্রভৃতি সমুদয় ধাতু। উহাদের সংকেত যথাক্রমে He, Ne, C, Cu, Fe ইত্যাদি। এইসব ক্ষেত্রে অণু বা পরমাণুতে কোন ভেদাভেদ থাকে না। আর যৌগের সংকেত প্রকাশ করিতে হইলে যৌগটির গঠনকারী মৌলগুলির চিহ্ন পাশাপাশি লিখিয়া প্রতিটি চিহ্নের ডান দিকে সামান্য নীচে সেই মৌলের পরমাণুসংখ্যা ছোট অক্ষরে লিখিতে হয়।

জলের অণু দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু ও একটি অক্সিজেন পরমাণু হইতে গঠিত ; কাজেই জলের সংকেত H_2O। সালফিউরিক অ্যাসিডের অণু 2টি হাইড্রোজেন, 1টি সালফার ও 4টি অক্সিজেন পরমাণু দ্বারা গঠিত ; সুতরাং ইহার সংকেত H_2SO_4। সংকেত লিখিতে ধাতু বা ধাতুর মত আচরণকারী মৌল (হাইড্রোজেন) প্রথমে বসে, অধাতব মৌলের চিহ্ন পরে বসে। যেমন সোডিয়াম ক্লোরাইড এর সংকেত NaCl ; হাইড্রোজেন সালফাইডের H_2S ইত্যাদি। দুইটি মৌলই অধাতু হইলে অধিকতর ধনাত্মক মৌলটি বা মৌলটি কঠিন হইলে উহার চিহ্ন আগে বসে। যেমন নাইট্রিক অক্সাইড NO, কার্বন-ডাই অক্সাইড CO_2 ইত্যাদি। একাধিক অণু বুঝাইতে সংকেতের পূর্বে প্রয়োজনীয় সংখ্যাটি বসাইতে হয়। যেমন হাইড্রোজেনের দুইটি অণু বুঝাইতে $2H_2$ লিখিতে হয়। $2H_2SO_4$, $5H_2O$ প্রভৃতির দ্বারা যথাক্রমে সালফিউরিক অ্যাসিডের 2টি অণু, জলের 5টি অণু বুঝায়।

সংকেতের তাৎপর্য :—চিহ্নের ন্যায় সংকেতেরও একটি আদিক ও একটি মাত্রিক অর্থ আছে। সংকেত (*i*) পদার্থের নাম (*i*) পদার্থের অণু (যৌগিক হইলে) কি কি মৌল দ্বারা সৃষ্ট এবং উহাদের পরমাণু সংখ্যা কত—তাহা প্রকাশ করে

(আদিক দিক)। দ্বিতীয়তঃ সংকেত হইতে পদার্থটির আণবিক ভার ও অণুতে মৌলদের ভারের শতকরা পরিমাণ জানা যায় (মাত্রিক দিক)। Na_2CO_3 সংকেত দ্বারা সোডিয়াম কার্বনেট যৌগকে এবং ইহার এক অণুতে ২টি Na, 1টি C ও 3টি O পরমাণু বর্তমান। Na_2CO_3র আণবিক্ ভার $2\times23+12+3\times16=106$ এবং Na, C ও O পরিমাণ যথাক্রমে 43·4%, 11·3%, 45·3%।

যোজ্যতা (Valency) :—দুই বা ততোধিক বিভিন্ন মৌলের রাসায়নিক মিলনে যৌগের অণু গঠিত হয়। মৌলের ক্ষুদ্রতম কণিকা পরমাণু। এই পরমাণুই রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে। কাজেই মৌলদের মিলনের অর্থ উহাদের পরমাণুদের মিলন। মিলন ব্যাপারে সব মৌলই একরকম আচরণ করে না। কোন কোন মৌলের মিলন প্রবণতা অত্যন্ত বেশী (যেমন, Na, K, Cl, ইত্যাদি), কোন কোনটার মাঝামাঝি (যেমন Fe, Al ইত্যাদি), কোন কোনটা স্বয়ং তুষ্ট—একদম মিশিতে চায়না (যেমন হিলিয়াম, নিয়ন প্রভৃতি বিরল গ্যাস সমূহ) ; [অতি সম্প্রতি (1962 খ্রীষ্টাব্দে) জেনন, ক্রীপট্‌ন প্রভৃতি বিরল গ্যাসের যৌগ গঠনের ($XePtF_6$, XeF_4, XeO_3, $XeOF_4$ ইত্যাদি) দৃষ্টান্ত পাওয়া গিয়াছে]। কোন কোনটা চাপ ও তাপ প্রয়োগে সক্রিয় হইয়া উঠে। প্রধানতঃ 10/12টি ভিন্ন ভিন্ন মৌল পরস্পর যুক্ত হইয়া অগণিত যৌগ উৎপন্ন করে।

মিলন-আগ্রহী মৌলদের মিলন ক্ষমতাও সকলের সমান নয় ; কোনটা বেশী কোনটার কম। আবার যে কোন মৌল যে কোন মৌলের সহিত যুক্ত হয় না ; সাধারণতঃ ধাতু ও অধাতু অর্থাৎ বিপরীত ধর্মী মৌলদের মধ্যে মিলন-সেতু রচিত হয়, তবে অধাতু-অধাতুদের মধ্যেও মিলন ঘটে। পরমাণুদের সংযোগ যথেচ্ছভাবে ঘটেনা ; একটি বাঁধাধরা নিয়মে সুনির্দিষ্ট সংখ্যার অনুপাতে পরমাণুসমূহ পরস্পর যুক্ত হইয়া যৌগের অণু গঠন করে। ক্লোরিন, অক্সিজেন. নাইট্রোজেন, কার্বন প্রত্যেকটি মৌলই হাইড্রোজেনের সংগে যুক্ত হইয়া যৌগ সৃষ্টি করে এবং ইহাদের একটি পরমাণু যথাক্রমে হাইড্রোজেনের 1টি, 2টি, 3টি, 4টি পরমাণুর সংগে সংযুক্ত হইয়া থাকে। ইহাদের কমবেশী হয় না।

	যৌগ	সংকেত	বিভিন্ন পরমাণু	বিভিন্ন মৌলের একটি পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা
(1)	হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড	HCl	H,Cl	1
(2)	জল	H_2O	H,O	2
(3)	অ্যামোনিয়া	NH_3	H,N	3
(4)	মিথেন	CH_4	H,C	4

অতএব হাইড্রোজেনের সংগে যুক্ত হওয়ার ক্ষমতা ক্লোরিন, অক্সিজেন প্রভৃতি মৌলের সমান নয়। **একটি মৌলের অপর মৌলের সহিত রাসায়নিক মিলনে যৌগ গঠন করিবার ক্ষমতাকে যোজ্যতা (valency) বলে।** পরীক্ষায় দেখা গিয়াছে যে হাইড্রোজেন পরমাণু অপর কোন মৌলের একটির অধিক পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হয় না। [ব্যতিক্রম হাইড্রাজোয়িক (hydrazoic অ্যাসিড N_3H), এখানে একটি হাইড্রোজেন পরমাণু 3টি নাইট্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়।] অর্থাৎ হাইড্রোজেনের যোজ্যতা বা যোজনক্ষমতা সবচেয়ে কম; সে কারণে যোজ্যতার পরিমাপে হাইড্রোজেনকে একক হিসাবে ধরা হয়। হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের যেজ্যেতা সমান; সুতরাং যোজ্যতার পরিমাপে ক্লোরিনকেও একক হিসাবে গণ্য করা যায়। কোন কোন মৌল হাইড্রোজেন যৌগ হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে; একটি পরমাণু কয়টি হাইড্রোজেন পরমাণু প্রতিস্থাপন করিবে সেই সংখ্যা দ্বারা মৌলটির যোজ্যতা নির্দ্ধারিত হয়। যে সব মৌল (যেমন জিংক, কপার, অ্যালুমিনিয়াম, গোল্ড ইত্যাদি) হাইড্রোজেনের সহিত সরাসরি যুক্ত হয় না কিংবা হাইড্রোজেন যোগ হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করে না, অথচ ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়, তাহাদের যোজ্যতা ক্লোরিনের ভিত্তিতে মাপা হয়। অতএব যোজ্যতা বলিতে বুঝায় **মৌলের রাসায়নিক মিলন-ক্ষমতা এবং কোন মৌলের একটি পরমাণু যতগুলি হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়** কিংবা কোন যৌগ হইতে যতগুলি হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন পরমাণু অপসারিত বা বিচ্যুত করে সেই সংখ্যাটি সেই মৌলটির যোজ্যতা।

$$\text{যোজ্যতা} = \frac{\text{সংযোজিত বা অপসারিত হাইড্রোজেন বা ক্লোরিন পরমাণুর সংখ্যা}}{\text{মৌলের পরমাণুর সংখ্যা}}$$

যোজ্যতা একটি তুলনামূলক সংখ্যা মাত্র; সুতরাং ইহা একটি **পূর্ণসংখ্যা**। অর্থাৎ কোন মৌলের যোজ্যতা, 1, 2, 3, 4 ইত্যাদি পূর্ণ সংখ্যা হইবে, কখনও **ভগ্নাংশ, 1·2, 2·7,** ইত্যাদি হইবে না। Cl_2, O_2, N_2, C-এর এক একটি পরমাণু যথাক্রমে 1টি, 2টি, 3টি, 4টি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়: অতএব Cl_2, O_2, N_2 ও C-এর যোজ্যতা 1, 2, 3, 4; গোল্ড, অ্যালুমিনিয়মের একটি পরমাণু 3টি ক্লোরিন পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়; কাজেই ইহাদের যোজাতা 3; মৌলের যোজ্যতা 1 হইতে 8 পর্যন্ত হইতে পারে। অধিকাংশ মৌলেরই যোজ্যতা সুনির্দিষ্ট। তবে কোন কোন মৌলের (যেমন N_2, P_4, Fe, Cu ইত্যাদির) একাধিক যোজ্যতা আছে। N_2-এর যোজ্যতা 3 বা 5, Fe-র 2 বা 3, Cu-এর 1 বা 2। যোজ্যতা সংখ্যা অনুযায়ী মৌলদিগকে একযোজী (monovalent), দ্বিযোজী (divalent), ত্রিযোজী

(Trivalent) প্রভৃতি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়। যাহাদের যোজ্যতা **এক** তাহারা একযোজী ; যাহাদের যোজ্যতা **দুই** তাহারা দ্বিযোজী ইত্যাদি।

মনে রাখিতে হইবে যে **মুক্ত অবস্থায়** মৌলদের কোন যোজ্যতা নাই; **যৌগিক অবস্থায়ই** ইহাদের যোজ্যতা প্রকাশ পায়। H_2 ও O_2-এর যোজ্যতা শূন্য ; যখন উহারা রাসায়নিকভাবে মিলিয়া জল (H_2O) গঠন করে, তখনই H_2-এর যোজ্যতা 1 ও O_2-এর যোজ্যতা 2 প্রকাশ পায়। আয়রন ক্লোরাইড $FeCl_3$ যৌগে আয়রনের যোজ্যতা 3 এবং Cl_2-এর 1

মূলক বা যৌগমূলক (Radical)ঃ অনেক সময় দেখা যায় যে বিভিন্ন মৌলের পরমাণু বিভিন্ন সংখ্যায় একত্রে জোট বাঁধিয়া থাকে। এই জোটবদ্ধ পরমাণুপুঞ্জ মৌলের মত আচরণ করে ; রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অক্ষুণ্ণ থাকিয়া একসঙ্গে অংশগ্রহণ করে এবং এক অণু হইতে অপর অণুতে অবিকৃত অবস্থায় আসিয়া স্থান লয়। এইরূপ পরমাণু সমবায়কে মূলক বা যৌগমূলক বলে। মূলকের কোন পৃথক অস্তিত্ব নাই ; ইহারা অন্য পরমাণু বা মূলকের সঙ্গে রাসায়নিক মিলনে অণু গঠন করিয়া অবস্থান করে। যেমন সালফেট মূলক SO_4^{2-}

$$H_2\underline{SO_4} \xrightarrow{Zn} Zn\,\underline{SO_4} \xrightarrow{BaCl_2} Ba\underline{SO_4}$$

SO_4 মূলকটি অণু হইতে অন্য অণুতে বিচ্ছিন্ন না হইয়া একসঙ্গে চলিয়া আসে। কার্বনেট. CO_3^{2-}, নাইট্রেট NO_3^-, অ্যামোনিয়াম NH_4^+ প্রভৃতি এক একটি মূলক। প্রকৃতপক্ষে মূলক একটি পরমাণু এবং পরমাণুর মত মূলকেরও একটি নির্দিষ্ট যোজ্যতা আছে।

অ্যামোনিয়াম মূলক ধনাত্মক তড়িৎধর্মী এবং ইহা একযোজী। নাইট্রেট, কার্বনেট ইত্যাদি ঋণাত্মক তড়িৎধর্মী। পরপৃষ্ঠায় কয়েকটি সাধারণ মৌল ও মূলকের যোজ্যতা অনুসারে শ্রেণীবিভাগ দেওয়া হইল।

যোজ্যতা অনুপাতে মৌলবর্গের শ্রেণীবিভাগ

(Classification of elements according to their valencies)

একযোজী (Monads)	দ্বিযোজী (Diads)	ত্রিযোজী (Triads)	চতুর্যোজী (Tetrads)	পঞ্চযোজী (Pentads)	ষড়্‌যোজী (Hexad)
হাইড্রোজেন	অক্সিজেন	বোরন	কার্বন	নাইট্রোজেন	সালফার
ফ্লোরিন	সালফার	নাইট্রোজেন	সিলিকন	ফস্‌ফোরাস	
ক্লোরিন		ফসফোরাস	সালফার		
ব্রোমিন					
আয়োডিন					
পটাসিয়াম	ক্যালসিয়াম	অ্যালুমিনিয়ম	টিন (ইক্ ic)		
সোডিয়ম	ষ্ট্রনশিয়াম	গোল্ড (ইক্ ic)	প্ল্যাটিনম্		
মার্কারি (আস ous)	বেরিয়ম	বিসমাথ	লেড (ইক ic)		
কপার (আস ous)	জিঙ্ক	আয়রণ (ইক্ ic)			
সিলভার	ম্যাগনেসিয়ম	অ্যান্টিমনি (আস্ ous)			
	কপার (ইক ic)				
	মার্কারি (ইক ic)				
	আয়রন (আস ous				
	টিন (আস ous)				
	লেড (আস ous)				

(কোন মৌলের বিভিন্ন যোজ্যতা থাকিলে, উচ্চতমটিকে—ইক্ (*ic*) (যেমন মার্কারি+ইক্=মার্কিউরিক) ও নিম্নতরগুলিকে—আস্ (*ous*) (যেমন, মার্কারি+ আস্=মার্কিউরাস্) অভিধা দেওয়া হইয়া থাকে)। বর্তমানে মৌলের চিহ্নের পাশে যোজ্যতা সংখ্যা রোমান হরফে বন্ধনীর মধ্যে দেওয়া হয়। যেমন Fe (III), Cu (II) ইত্যাদি।

যোজ্যতা অনুপাতে মুলকের শ্রেণীভাগ

(Classification of radicals according to valenncies)

একযোজী	দ্বিযোজী	ত্রিযোজী	চতুর্যোজী
অ্যামোনিয়ম $(NH_4)^+$	কার্বনেট $(CO_3)^{2-}$	ফসফেট $(PO_4)^{3-}$	হেক্সাসায়ানো ফেরেট (II) $[Fe(CN)_6]^{4-}$
সায়নোজেন $(CN)^-$	সালফাইট $(SO_3)^{2-}$	ফসফাইট $(PO_3)^{3-}$	
হাইড্রোকসিল $(OH)^-$	সালফেট $(SO_4)^{2-}$	বোরেট $(BO_3)^{3-}$	
নাইট্রাইট $(NO_2)^-$		হেক্সাসায়ানো ফেরেট (III) $Fe(CN)_6{}^{3-}$	
নাইট্রেট $(NO_3)^-$			

যোজ্যতা ও সংকেত :

বিভিন্ন পরমাণু বা মূলক কি কি সংখ্যায় মিলিত হইয়া যৌগের অণু গঠন করে তাহা নির্ভর করে মৌল বা মূলকের যোজ্যতার উপর। যোজ্যতা জানা থাকিলে যৌগের সংকেত সহজেই জানা যায়। মনে রাখিতে হইবে যে সংযোজন কালে সাধারণত মৌলের সমস্ত যোজ্যতাই প্রযুক্ত হয়।

নিয়ম :—কোন যৌগের অণুতে পরমাণু বা মূলকের সংখ্যার অনুপাত উহাদের যোজ্যতার বিপরীত অনুপাতে হইয়া থাকে। অর্থাৎ A ও B মৌলের যোজ্যতা যথাক্রমে x ও y হইলে A ও B দ্বারা গঠিত যৌগটির অণুতে—

A পরমাণুর সংখ্যা = B-র যোজ্যতা (y) ; B পরমাণুর সংখ্যা = A-র যোজ্যতা (x) অর্থাৎ AB যৌগের সংকেত $A_y B_x$। A-র চিহ্নের নীচে ডান দিকে B-র যোজ্যতা এবং B-র চিহ্নের নীচে ডান দিকে A-র যোজ্যতা লিখিতে হইবে।

অ্যালুমিনিয়াম ও অক্সিজেনের যোজ্যতা যথাক্রমে 3 ও 2 ; অতএব অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের সংকেত Al_2O_3

পরমাণু বা মূলকের সংখ্যা 1 হইলে তাহা লেখা হয় না এবং যোজ্যতার **সরল অনুপাত** ব্যবহৃত হয়। যেমন Cu_2Cl_2 না লিখিয়া CuCl কিংবা C_2O_4-র পরিবর্তে CO_2 লেখা হয়।

বিকল্প পদ্ধতি :—(1) পরমাণু বা মূলকের যোজ্যতার ল.সা.গু. বাহির করিয়া ল.সা.গু.কে পরমাণু (বা মূলকের) যোজ্যতা দ্বারা ভাগ করিলে যৌগস্থিত পরমাণু (বা মূলকের) সংখ্যা পাওয়া যাইবে।

উদাহরণ :—(I) Al ও O_2 এর যোজ্যতা 3 ও 2 : উহাদের ল.সা.গু. = 6 অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডে (a) Al পরমাণুর সংখ্যা $=\frac{6}{3}=2$;

(b) O_2 পরমাণুর সংখ্যা = 6/2 = 3 অর্থাৎ অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইডের সংকেত Al_2O_3

(2) অ্যামোনিয়াম ও সালফেটের যোজ্যতা 1 ও 2 উহাদের ল.সা.গু.=2

অ্যামোনিয়ামের সংখ্যা $=\frac{2}{1}=2$; সালফেটের সংখ্যা $=\frac{2}{2}=1$

অ্যামোনিয়ান সালফেটের সংকেত $(NH_4)_2SO_4$ ইত্যাদি।

অনেক সময় পরমাণুর যোজ্যতা অসম্পূর্ণও থাকিয়া যায়। কার্বন ও অক্সিজেনের যোজ্যতা যথাক্রমে 4 ও 2, একটি কার্বন পরমাণু 2টি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া কার্বন ডাই অক্সাইড (CO_2) গঠন করে এবং উহার যোজন ক্ষমতা পুরাপুরি কাজে লাগায়। কিন্তু অক্সিজেনের স্বল্পতার দরুণ কার্বন পরমাণু একটি অক্সিজেন পরমাণুর সহিত মিলনে কার্বন মনোক্সাইড (CO) গঠন করে: যোজ্যতার অবশিষ্ট মাত্রা সুপ্ত থাকে ; সুযোগ পাইলেই CO অক্সিজেনের আর একটি পরমাণুর সহিত যুক্ত হইয়া CO_2 গঠন করে এবং C-এর যোজন ক্ষমতা সংপৃক্ত হয়।

রাসায়নিক সমীকরণ (Chemical Equation) :

রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে নূতন অণুর সৃষ্টি হয় ; আসলে পুরাতন অণুস্থিত পরমাণুদের পরিবিন্যাস নূতন ভাবে ঘটে। এক বা একাধিক পদার্থ বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিতে পারে এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থও এক বা একাধিক হইতে পারে। যে পদার্থ বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তাহাকে বিক্রিয়ক (Reactant) এবং বিক্রিয়ার ফলে যে পদার্থ উৎপন্ন হয় তাহাকে বিক্রিয়াজাত বা উৎপন্ন পদার্থ (Product) বলা হয়। পদার্থ মাত্রই হয় মৌলিক না হয় যৌগিক ; প্রত্যেক মৌল বা যৌগকে সংকেতের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। অতএব চিহ্ন বা সংকেতের সাহায্যে যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়াকে সংক্ষেপে ও সহজে প্রকাশ করা যায়। **রাসায়নিক বিক্রিয়াকে চিহ্ন ও সংকেতের সাহায্যে সহজে প্রকাশ করাকে রাসায়নিক সমীকরণ বলে।** সমীকরণ রাসায়নিক বিক্রিয়ার একটি সংক্ষিপ্ত (Short hand) অথচ সামগ্রিক রূপ।

সমীকরণের দুইটি ভাগ : বাম ও ডান।

1. বামদিকে বিক্রিয়ক ও ডানদিকে বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের সংকেত লিখিয়া দুই ভাগের মাঝে সমান (=) চিহ্ন দ্বারা উহাদের সংযোগ করা হয়।

2. বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থ একাধিক হইলে উহাদের মধ্যে (+) চিহ্ন দিতে হয়।

3. বামদিকের (+) যোগ চিহ্নের অর্থ **বিক্রিয়া করে** এবং ডানদিকের (+) যোগ চিহ্নের অর্থ **এবং**।

4. সমীকরণের মাঝখানের সমান চিহ্ন (=) **উৎপন্ন** করে—এর অর্থ প্রকাশ করে।

5. সমীকরণের বামদিকের বিভিন্ন পরমাণুর মোট সংখ্যা ডানদিকের পরমাণুর মোট সংখ্যার সহিত সর্বদা সমান থাকিবে।

6. অণুর সংখ্যা একাধিক হইলে সেই সংখ্যাটি চিহ্ন বা সংকেতের পূর্বে লিখিতে হয়।

দৃষ্টান্ত : (I) জিংক ও সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় জিঙ্ক সালফেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। সমীকরণের ভাষায় বিক্রিয়াটি,

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

আয়রন(II) ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ার ফলে আয়রন(III) ক্লোরাইড প্রস্তুত হয়। ইহার সমীকরণ : $2Fe + 3Cl_2 = 2FeCl_3$.

সমীকরণের তাৎপর্য (Significance of equation) :

সমীকরণের দুইটি দিক আছে : (i) একটি গুণগত বা আদিক দিক ও অপরটি (ii) পরিমাণগত বা মাত্রিক দিক।

মাত্রিক সম্বন্ধটি পদার্থ সমূহের (i) ওজন-ওজন (weight and weight), (ii) আয়তন-ওজন (Volume and weight) ও (iii) আয়তন-আয়তন (Volume-and Volume) সম্পর্কিত হইতে পারে।

সমীকরণের সম্পূর্ণ অর্থ (Full meaning of an equation) :

$$H_2 + Cl_2 = 2HCl$$

(1) গুণগত ভাবে এই সমীকরণ প্রকাশ করে যে হাইড্রোজেন ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করে।

(2) (i) পরিমাণগত বা মাত্রিক ভাবে জানা যায় যে একটি হাইড্রোজেন অণু একটি ক্লোরিন অণুর সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ক্লোরাইডের 2টি অণু উৎপন্ন করে।

(ii) দুই ভাগ (সূক্ষ্ম বিচারে $2 \times 1{\cdot}008 = 2{\cdot}016$ ভাগ) ওজনের হাইড্রোজেন $2 \times 35{\cdot}46 = 70{\cdot}92$ ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত রাসায়নিক সংযোগে $2(1{\cdot}008 + 35{\cdot}46) = 72{\cdot}936$ ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(Iii) রাসায়নিক পরিবর্তনের পূর্বে বিক্রিয়কদের মোট ওজন $[2{\cdot}016 + 2 \times 35{\cdot}46 = 72{\cdot}936]$ পরিবর্তনের পরে উৎপন্ন পদার্থগুলির মোট ওজনের $[2(1{\cdot}008 + 35{\cdot}46) = 72{\cdot}936]$ ভাগ সমান।

(iv) বামদিকের মোট পরমাণুর সংখ্যা $2+2=4$, Cl পরমাণু 2, হাইড্রোজেন পরমাণু 2 ডানদিকের মোট পরমাণুর সংখ্যার $[2+(1+1)=4$ সমান।

উপরের বিক্রিয়াটি গ্যাসীয় অবস্থায় সংঘটিত হইতেছে বলিয়া এই সমীকরণটি আরও প্রকাশ কর যে এক আয়তন হাইড্রোজেন (প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 22·4 লিটার) এক আয়তন ক্লোরিনের (প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 22·4 লিটার) সহিত যুক্ত হইয়া 2 আয়তনের (প্রমাণ অবস্থায় $2\times 22{\cdot}4$ লিটার) হাইড্রোজেন ক্লোরাইড প্রস্তুত করে।

সমীকরণের সীমাবদ্ধতা (Limitations of an equation) :

সমীকরণের সাহায্যে রাসায়নিক বিক্রিয়ার অনেক মূল্যবান তথ্য জানিতে পারা গেলেও বিক্রিয়ার কতকগুলি বিষয় জানিতে পারা যায় না। যেমন,

(i) কি শর্তে, কি কারণে, কত সময়ে, কোন অবস্থায় বিক্রিয়াটি সম্পন্ন হয় ;

(ii) বিক্রিয়াটি তাপদায়ী (exothermic) অথবা তাপগ্রাহী (endothermic) ;

(iii) বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের ভৌত অবস্থা কি ;

(iv) বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয় কিনা ; বা উহা উভমুখী (reversible) অর্থাৎ বিক্রিয়া লব্ধ পদার্থ নিজেদের মধ্যে আবার বিক্রিয়া ঘটায় কিনা।

সমীকরণ আরও তথ্যজ্ঞাপক করা যায় :

(An equation can be made more informative)

(a) কঠিন, তরল, গ্যাসীয় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থকে যথাক্রমে *s*, *l*, *g* প্রভৃতি অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত করিয়া উহাদের ভৌত অবস্থা নির্দেশ করা যায়। *s*, *l*, *g* প্রভৃতিকে পদার্থের পাশে বন্ধনীর ভিতরে লেখা হয়। পদার্থের জলীয় দ্রবণকে *aq* দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। *aq* পদার্থটির পাশে লেখা হয়।

$$CaCO_3(s)+2HCl(aq)=CaCl_2(aq)+H_2O(l)+CO_2(g)$$

(b) তাপদায়ী বিক্রিয়ায় সমীকরণে নির্দেশিত উৎপন্ন পদার্থের সহিত +H এবং তাপগ্রাহী বিক্রিয়ায় উৎপন্ন পদার্থের সহিত −H যোগ করিয়া তাপদায়ী ও তাপগ্রাহী বিক্রিয়া সূচিত করা যায়। যেমন—

$$CH_4(g)+2O_2(g)=CO_2(g)+2H_2O(g)+H \text{ (তাপদায়ী)}$$

$$N_2(g)+O_2(g)=2NO(g)-H \text{ (তাপগ্রাহী)}$$

(c) সমীকরণে সমান (=) চিহ্নের পরিবর্তে বিপরীতমুখী তীরচিহ্ন লিখিয়া উভমুখী বিক্রিয়াকে নির্দেশিত করা যায়।

$$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)+H$$

সমীকরণের সমতা সাধন (Balancing of equations) বা **সমীকরণ কেমনে শুদ্ধভাবে লেখা যায় ?** (How to write equations correctly) ?

সমীকরণ সঠিক ভাবে লিখিতে গেলে কয়েকটি নিয়ম মানিতে হয়।

১। বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থগুলি নিশ্চিতরূপে জানিতে হইবে এবং উহাদের প্রত্যেকটির সংকেত শুদ্ধভাবে লিখিতে হইবে।

২। সমীকরণে প্রদর্শিত প্রত্যেকটি পদার্থকে উহার অণুর সংকেত দ্বারা প্রকাশ করিতে হইবে। পরমাণু গ্রহণ করিলে চলিবে না। এক পরমাণুক অণুর বেলায় (যেমন সমস্ত ধাতব পদার্থ, কঠিন অধাতু সালফার প্রভৃতি) পরমাণুর চিহ্নই অণুর সংকেত প্রকাশ করে।

৩। সমীকরণের উভয় দিকের অণুস্থিত সবরকমের পরমাণু সংখ্যা সমান হইতে হইবে। অন্যথায় প্রয়োজন বোধে বিভিন্ন অণুর সংখ্যা বাড়াইয়া প্রয়োজন সংখ্যক পরমাণুর সমাবেশ করিতে হইবে।

উদাহরণ

(১) ম্যাগনেশিয়াম অক্সিজেনে পুড়াইলে ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

ম্যাগনেশিয়াম, অক্সিজেন ও ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইডের সংকেত যথাক্রমে Mg, O_2, MgO। অতএব বিক্রিয়ার সমীকরণটি,

$$?Mg + O_2 \rightarrow MgO$$

(ক) সমীকরণটিতে পরমাণুর সংখ্যা সমান নয়। বামদিকে অক্সিজেন পরমাণু 2টি, ডানদিকে 1টি। অক্সিজেন পরমাণু দুইদিকে সমান করিবার জন্য MgO_2 লেখা যায় না, কারণ ম্যাগনেশিয়াম অক্সাইডের সংকেত MgO। কাজেই MgO-এর 2টি অণু লইলেই দুইদিকে অক্সিজেন পরমাণু সমান হইয়া যায় বটে,

$$?Mg + O_2 \rightarrow 2MgO$$

(খ) কিন্তু বামদিকে Mg-র 1টি পরমাণু ডানদিকে 2টি পরমাণু। উহার পরমাণু সমান করিতে হইলে বামদিকে 2Mg লিখিতে হইবে ; Mg_2 লিখিলে চলিবে না কারণ ম্যাগনেশিয়ামের চিহ্ন বা সংকেত Mg (ম্যাগনেশিয়াম অণুতে উহার কত পরমাণু আছে তাহা জানা নাই) কাজেই সমীকরণটি,

$$2Mg + O_2 = 2MgO$$

2. অ্যালুমিনিয়াম হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

অ্যালুমিনিয়াম, হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, অ্যালুমিনিয়াম ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেনের সংকেত যথাক্রমে Al, HCl, $AlCl_3$ ও H_2। কাজেই সমীকরণটি $Al+HCl \uparrow AlCl_3+H_2$। সমীকরণটি সঠিক নয়,

(ক) বামদিকে ক্লোরিন পরমাণু 1টি ; ডানদিকে 3টি। উভয়দিকে ক্লোরিন পরমাণু সমান করিবার জন্য বামদিকে 3HCl লিখিলে $Al+3HCl \rightarrow AlCl_3+3H$

3H দ্বারা 3টি হাইড্রোজেন পরমাণু বুঝায় ; 3H-এর স্বাধীন অস্তিত্ব নাই ; সুতরাং 3H-এর বদলে $3H_2$ লিখিতে হয়।

$$Al+\ ?\ 3HCl \rightarrow AlCl_3+3H_2$$

ডানদিকে হাইড্রোজেন পরমাণু 6টি, সুতরাং

$$Al+6HCl \rightarrow ?\ AlCl_3+3H_2$$

বামদিকে ক্লোরিন 6টি, ডানদিকে 3টি। সুতরাং ডানদিকে $2AlCl_3$ লিখিলে ক্লোরিন পরমাণু সমান সমান হইয়া যায়।

$$?\ Al+6HCl \rightarrow 2AlCl_3+3H_2$$

(খ) বামদিকে Al পরমাণু 1টি, ডানদিকে 2টি। Al পরমাণুকে সমান করিবার জন্য বামদিকে 2Al (Al_2 নয়, কারণ Al-এর সংকেত Al) লিখিলে $2Al+6HCl = 2AlCl_3+3H_2$। ইহাই সঠিক সমীকরণ।

3. রক্ত-তপ্ত (red-hot) আয়রনের উপর দিয়া স্টীম পরিচালিত করিলে হাইড্রোজেন ও ফেরাসোফেরিক অক্সাইড (Fe_3O_4) উৎপন্ন হয়। প্রথমতঃ সমীকরণটি $Fe+H_2O \rightarrow Fe_3O_4+H_2$। ইহা সঠিক নয়। (ক) Fe_3 পাইতে গেলে 3Fe এবং O_4 পাইতে গেলে $4H_2O$ লওয়া প্রয়োজন,

$$3Fe+4H_2O \rightarrow Fe_3O_4+\ ?\ H_2$$

(খ) বামদিকে হাইড্রোজেন পরমাণু 8টি, ডানদিকে 2টি। কাজেই হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা সমান করিতে গেলে ডানদিকে $4H_2$ লিখিতে হয়। অতএব $3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$। ইহাই শুদ্ধ সমীকরণ।

কয়েকটি বিশেষ রকমের বিক্রিয়া সম্বন্ধে সাধারণ ধারণা :

(ক) ধাতু সাধারণতঃ জলের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ও ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে। K, Na, প্রভৃতি সক্রিয় ধাতু। (তাড়িত রাসায়নিক পঙ্ক্তীতে যাহাদের স্থান শীর্ষে) সাধারণ তাপমাত্রায়; Mg, Zn, Al প্রভৃতি জলের স্ফুটন তাপমাত্রায় জলকে বিশ্লিষ্ট করে।

$$2K+2H_2O=2KOH+H_2\ ;\ Zn+H_2O=ZnO+H_2$$

$$2Al+3H_2O=Al_2O_3+3H_2.$$

(খ) ধাতু (তাড়িত রাসায়নিক পঞ্জীতে যাহাদের স্থান H_2-এর উপরে) ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় ধাতব লবণ ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়। অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণ গঠিত হয়।

$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$; $Fe + 2HCl = FeCl_2 + H_2$

(গ) প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া : তাড়িত রাসায়নিক পঞ্জীতে উপরের স্থান অধিকারী মৌল নীচের স্থানাধিকারী মৌলকে তাহার জলীয় দ্রবণ হইতে প্রতিস্থাপন করে। যেমন : $Zn + CuSO_4 = ZnSO_4 + Cu$;

(ii) $2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$

(ঘ) অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ায় সর্বদাই লবণ ও জল প্রস্তুত হয় :

$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$; $CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$

(ঙ) ধাতু ও অধাতুকে বাতাসে পুড়াইলে উহাদের অক্সাইড উৎপন্ন হয় :

$$S + O_2 = SO_2 \ ; \ P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5$$

(i) ধাতব অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইলে হাইড্রক্সাইড (ক্ষার) গঠিত হয় :

$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$; $Na_2O + H_2O = 2NaOH$

(ii) অধাতব অক্সাইড জলে দ্রবীভূত হইলে অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$; $P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$

(চ) অধিকতর উদ্বায়ী অ্যাসিডের লবণের সহিত কম উদ্বায়ী অ্যাসিড বিক্রিয়ায় উদ্বায়ী অ্যাসিড নির্গত হয় :

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$$

সমীকরণ সঠিক লেখা হইলেই কি রাসায়নিক বিক্রিয়ার সত্যতা বা যথার্থতা প্রমাণিত হয় ?

এখানে স্মরণ করা দরকার যে কোন সমীকরণের উভয় দিকের মোট পরমাণুর সংখ্যা সমান হইলেই যে ঐরূপ রাসায়নিক বিক্রিয়া ঘটিয়াছে বা ঘটিবে, তাহা নাও হইতে পারে। যেমন $C + 2Cl_2 = CCl_4$। এই সমীকরণে উভয় দিকে মোট পরমাণুর সংখ্যা সমান। কার্বন সরাসরি ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়া করে না ; কাজেই উপরের সমীকরণটি গ্রহণযোগ্য নয়। সেইরূপ (i) $Cu + H_2SO_4 = CuSO_4 + H_2$; (ii) $CaSO_4 = CaS + 2O_2$।

কপার H_2SO_4 -র সঙ্গে বিক্রিয়ায় H_2 উৎপন্ন করে না ; (ii) $CaSO_4$-কে তাপিত করিলে উহা CaS ও O_2-এ বিশ্লিষ্ট হয় না। কাজেই উপরের দুইটি সমীকরণ সমতাসিদ্ধ হইলেও ঠিক নয়।

অনুশীলনী

১। যোজ্যতা কাহাকে বলে? যোজ্যতার পরিমাপে হাইড্রোজেনকে একক ধরা হয় কেন? M একটি একযোজী, B একটি ত্রিযোজী মৌল। উহাদের অক্সাইড, ক্লোরাইড ও সালফেট যৌগের সংকেত লেখ।

২। নিম্নলিখিত যৌগগুলির সংকেত লিখ :—জিঙ্ক সালফেট, অ্যালুমিনিয়াম অক্সাইড, অ্যামেনিয়াম নাইট্রেট, ম্যাগনেশিয়াম কার্বনেট, নাইট্রিক অ্যাসিড, সোডিয়াম ক্লোরাইড।

৩। রাসায়নিক সমীকরণ বলিতে কি বুঝ? উহার অসম্পূর্ণতা কি?

নিম্নের সমীকরণটির সম্পূর্ণ অর্থ লিখ :—$2H_2+O_2=2H_2O$

৪। নিম্নের সমীকরণগুলি পূরণ কর :—

(a) $KOH+H_2SO_4=$ (b) $CO_2+2Mg=$ (c) $Zn+H_2SO_4=$

(b) $CaCO_3=CaO+$ (e) $FeS+HCl=H_2S+$ (f) $ZnSO_4+H_2S=ZnS+$

৫। নিম্নের বিবৃতিগুলি সমীকরণ দ্বারা প্রকাশ কর :

(a) গন্ধক বাতাসে পুড়িলে সালফার ডাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

(b) মার্কারী অক্সাইড উত্তাপে মার্কারী ও অক্সিজেনে বিয়োজিত হয়।

(c) নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেন মিলিয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে।

দ্বিতীয় অধ্যায়

রাসায়নিক গণনা (Chemical ealculations)

রাসায়নিক বিক্রিয়া মাত্রই বিক্রিয়কের নির্দিষ্ট ওজন বা আয়তন অনুপাতে ঘটে। বিক্রিয়াজাত পদার্থের ওজন বা আয়তনও সুনির্দিষ্ট। সুতরাং বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের সম্বন্ধ (i) আয়তন – আয়তন (ii) ভার – ভার এবং (iii) আয়তন ও ভার মাত্রিক হইতে পারে। যেমন হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের রাসায়নিক মিলনে জল (স্টীম) উৎপাদন বিক্রিয়াটি,

(i) $2H_2$ + O_2 = $2H_2O$ (স্টীম)

2 অণু 1 অণু 2 অণু

$2 \times 6{\cdot}02 \times 10^{23} H_2$ $6{\cdot}02 \times 10^{23} O_2$ $2 \times 6{\cdot}02 \times 10^{23}$ „

2 গ্রাম অণু বা 2 মোল এক গ্রাম অণু বা 1 মোল 2 গ্রাম অণু বা 2 মোল„

4 গ্রাম 32 গ্রাম $2 \times 18 = 36$ গ্রাম (ভার মাত্রিক সম্বন্ধ)

(ii) $2 \times 22{\cdot}4$ লিটার $22{\cdot}4$ লিটার $2 \times 22{\cdot}4$ লিটার ষ্টিম

(প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে) (প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে) (প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে)

(22·4 লিটার আয়তনের একক ধরিয়া)

2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন (আয়তন মাত্রিক সম্বন্ধ)

(iii) 2 আয়তন 1 আয়তন 2 আয়তন স্টীম

4 গ্রাম 32 গ্রাম 36 গ্রাম স্টীম বা জল

(আয়তন ও ভার মাত্রিক সম্বন্ধ)

কাজেই যে কোন রাসায়নিক সমীকরণ হইতে নির্দিষ্ট ওজন বা আয়তনের বিক্রিয়ক হইতে উৎপন্ন পদার্থের ওজন (বা আয়তন) কিংবা নির্দিষ্ট ওজনের বা আয়তনের উৎপন্ন পদার্থ হইতে বিক্রিয়ক পদার্থের ওজন (বা আয়তন) গণনা করা সম্ভব।

গাণিতিক উদাহরণ

1. এক গ্রাম HgO তাপ বিয়োজনে কত আয়তন O_2 পাওয়া যাইবে ?

$2HgO = 2Hg + O_2$

1 মোল 22·4 লিটার

2(200+16) গ্রাম

432 গ্রাম HgO হইতে 22·4 লিটার O_2 উৎপন্ন হয়

1 " " " $\frac{22 \cdot 4}{432} = 0 \cdot 0518$ লিটার।

2. 50 গ্রাম $CaCO_3$ এর বিয়োজনে কত CaO ও CO_2 পাওয়া যাইবে ?
$(Ca = 40, O = 16, C = 12)$. $CaCO_3 = CaO + CO_2$

1 মোল 1 মোল ; 1 মোল

50 গ্রা. $CaCO_3 = 0 \cdot 5$ মোল $CaCO_3$

0·5 মোল $CaCO_3$, 0·5 মোল CaO এবং 0·5 মোল CO_2 উৎপন্ন করিবে

0·5 মোল $CaO = \frac{56}{0 \cdot 5} = 28$ গ্রাম CaO এবং 0·5 মোল CO_2

$$= \frac{44}{0 \cdot 5} = 22 \text{ গ্রাম।}$$

3. 5·00 মোল H_2-কে সম্পূর্ণরূপে জারিত করিয়া জলে পরিণত করিতে যে পরিমাণ O_2 প্রয়োজন হয় তাহা কত মোল বা কত গ্রাম $KClO_3$ হইতে পাওয়া যাইবে ? [1 মোল $KClO_3 = 122 \cdot 68$ গ্রাম]

(a) $2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$; (b) $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

2 মোল 3 মোল 2 মোল 1 মোল

(b) হইতে 2 মোল H_2-র জারণের জন্য দরকার 1 মোল O_2

5 " " " " " $\frac{5}{2}$ মোল O_2

আবার, (a) হইতে 3 মোল O_2 পাওয়া যায় 2 মোল $KClO_3$ হইতে

$\frac{5}{2}$ " " " " $\frac{2}{3} \times \frac{5}{2} = \frac{5}{3}$ মোল

$= 1 \cdot 66$ মোল $KClO_3$ হইতে $= 1 \cdot 66 \times 122 \cdot 68$ গ্রাম $KClO_3$ হইতে

4. 10 গ্রাম Zn অতিরিক্ত HCl এর বিক্রিয়ায় কত H_2 উৎপন্ন করিবে ? কত HCl প্রয়োজন হইবে ? $ZnCl_2$ কত পাওয়া যাইবে ? $(Zn = 65 \cdot 4)$

$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$

1 মোল 2 মোল 1 মোল 1 মোল

10 গ্রাম $Zn = \frac{10}{65 \cdot 4}$ মোল Zn ;

1 মোল Zn ও 2 মোল HCl-র বিক্রিয়ায় 1 মোল $ZnCl_2$ ও 1 মোল H_2 উৎপন্ন করে

$\frac{10}{65'4}$" $\frac{10\times2\times36'46}{65'4}=11'15$ গ্রাম HCl, $\frac{10\times136'32}{65'4}$

$=20'84$ গ্রাম $ZnCl_2$ ও $\frac{2'02\times10}{65'4}=0'309$ গ্রাম H_2 উৎপাদন করে

($\because$ 1 মোল $HCl=36'46$ গ্রাঃ HCl ; 1 মোল $ZnCl_2=136'32$ গ্রাঃ $ZnCl_2$; 1 মোল $H_2=2'02$ গ্রাম H_2)

5. একটি রাসায়নিক বিক্রিয়ায় 3 পরমাণু Mg, 2 পরমাণু N_2-এর সঙ্গে যুক্ত হয়। 4'86 গ্রাম Mg-র সহিত বিক্রিয়ার জন্য কত গ্রাম পরমাণু Mg এবং কত গ্রাম N_2 দরকার ? [Mg=24'3, N=14]

4'86 গ্রাঃ $Mg=\frac{4'86}{29'3}$ ঃ '2 গ্রাম পরমাণু Mg.

3 পরমাণু Mg, 2 পরমাণু N_2-র সঙ্গে যুক্ত হয়

3 গ্রাম পরমাণু Mg, 2 গ্রাম পরমাণু N_2 „ „

0'2 „ „ „ $\frac{2\times'2}{3}=\frac{'4}{3}=0'133$ গ্রাম পরমাণু N_2

0'133 গ্রাম পরমাণু N_2, $0'133\times14=1'86$ গ্রাম N_2

6. এক লিটার ফরম্যালডিহাইড (CH_2O) বাষ্পের ওজন কত ?

1 লিটার যে কোন গ্যাস $=\frac{1}{22'4}$ মোল এবং 1 মোল $CH_2O=30$ গ্রাম

বা, 1 লিটার $=\frac{30}{22'4}$ গ্রাম বা 1 34 গ্রাম

7. 100°C ও 756 মিমি চাপে 5 লিটার CO_2-এর ওজন কত ?

(প্রমাণ অবস্থায়) 5 লিটার CO_2-র আয়তন = 5 লিটার $\times\frac{273}{373}$

$\times\frac{756 \text{ মিমি}}{760 \text{ মিমি}}=3'64$ লিটার

1 লিটার $CO_2=\frac{1}{22'4}$ মোল $=\frac{1\times44}{22'4}=1'963$ গ্রাম

[$\because$ 1 মোল $CO_2=44$ গ্রাম]

$\therefore$ 3'64 „ $1'964\times3'64=7'15$ গ্রাম।

8. 13·34 গ্রাম গন্ধককে (অক্সিজেন 23% আয়তন হিসাবে) 230°C ও 755 মিমি চাপে 100 লিটার বায়ুতে পোড়াইলে কত মোল SO_2 উৎপন্ন হইবে ? ঐ পরিমাণ বায়ুতে কত মোল অক্সিজেন আছে ? [100 লিটার বায়ুতে 23 লিটার O_2 বর্তমান]।

(প্রমাণ অবস্থায়) 23 লিটার O_2-এর আয়তন $= \frac{273 \times 755 \times 23}{303 \times 760}$ লিটার।

প্রমাণ অবস্থায় 22·4 লিটার $O_2 = 1$ মোল

" $\frac{273 \times 755 \times 23}{303 \times 760}$ " $= \frac{273 \times 755 \times 23}{303 \times 760 \times 22{\cdot}4}$ মোল $= 1{\cdot}15$ মোল (প্রায়)

9. লঘু HCl-র সহিত 10 গ্রাঃ Mg ধাতুর বিক্রিয়ায় উদ্ভূত H_2-র সহিত সংযুক্ত হইতে যে পরিমাণ Cl_2 প্রয়োজন, তাহা কত পাইরোলুসাইট HCl-এর বিক্রিয়া করিয়া উৎপন্ন করে ? পাইরোলুসাইটে MnO_2-এর মাত্রা 80% [Mn=55].

সমাধান :—এস্থলে তিনটি সূত্র বিবেচ্য

(1) $Mg + 2HCl = H_2 + MgCl_2$
   24   2

(2) $MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2Cl_2 + 2H_2O$
   87      $2 \times 35{\cdot}5$

(3) $H_2 + Cl_2 = 2HCl$
   2    $2 \times 35{\cdot}5$

অর্থাৎ, 24 গ্রাম Mg = 87 গ্রাম MnO_2

∴ 10 " Mg যদি x গ্রাম MnO_2-এর সমতুল্য হয়, তবে

$24 : 10 :: 87 : x$

বা, $x = \frac{10 \times 87}{24} = 36{\cdot}25$ গ্রাম MnO_2

আবার, প্রদত্ত পাইরোলুলসাইটে, MnO_2-এর পরিমাণ = 80.

সুতরাং 36·25 গ্রাম MnO_2 যদি x_1 গ্রাম পাইরোলুসাইটে থাকে তবে,

$80 : 36{\cdot}25 :: 100 : x_1$

বা, $x_1 = \frac{36{\cdot}25 \times 100}{80} = 45{\cdot}3125$ গ্রাম পাইরোলুসাইট।

অতএব নির্ণেয় পাইরোলুসাইট = 45·3125 গ্রাম।

10. NaCl ও KCl-এর একটি মিশ্রণের 0·9031 গ্রামকে গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা উত্তপ্ত করা হইল ; উৎপন্ন সালফেটের ওজন 1·0784 গ্রাম। মিশ্রণে উপাদানগুলির মাত্রা কত ? [Cl=35·46, K=39·1]

সমাধান :—ধরা যাক, NaCl-এর ওজন=x

KCl-এর ওজন=(·9031−x)

এখন, $2NaCl+H_2SO_4 = Na_2SO_4+2HCl$

116·92 142·07

$2KCl+H_2SO_4 = K_2SO_4+2HCl$

149·12 174·27

∴ x গ্রাম NaCl হইতে উৎপন্ন Na_2SO_4-এর পরিমাণ=$\frac{142·07}{116·92}=x$ গ্রাম

এবং (·9031−x) KCl ; K_2SO_4-এর পরিমাণ=$\frac{174·27\ (·903-x)}{140·12}$

কিন্তু প্রদত্ত ফল অনুযায়ী, Na_2SO_4 ও K_2SO_4-এর যুক্ত পরিমাণ=1·0784

$$\therefore \frac{142·07}{116·92}\times x+\frac{174·27\ (·9031-x)}{149·12}=1·0784$$

বা, x=·494 গ্রাম=NaCl-এর ওজন

এবং ·9031−·494=·4091 গ্রাম=KCl-এর ওজন

অতঃপর NaCl-এর শতকরা মাত্রা=$\frac{100\times·494}{·9031}=54·7$

এবং KCl ,, ,, ,, =$\frac{100\times·4091}{·9031}=45·3$

11. বাতাসে ওজন হিসাবে অক্সিজেনের পরিমাণ 23%। কয়লার একটি নমুনায় কার্বন ও হাইড্রোজেনের পরিমাণ যথাক্রমে 90% ও 5%। ঐ কয়লার এক কিলোগ্রামকে সম্পূর্ণ জারিত করিতে 27°C ও 750 মিমি চাপের কত লিটার বাতাস প্রয়োজন ?

সমাধান : 1 কিলোগ্রাম=1000 গ্রাম

∴ প্রশ্নানুযায়ী 1000 গ্রাম কয়লার মধ্যে, 900 গ্রাম কার্বন ও 50 গ্রাম হাইড্রোজেন আছে।

$C + O_2 = CO_2,\ 2H_2 + O_2 = 2H_2O$

12 32 4 32

12 গ্রাম কার্বনের সম্পূর্ণ দহনের জন্য, 32 গ্রাম অক্সিজেন প্রয়োজন।

$\therefore$ 900 ,, ,, ,, ,, $\frac{32 \times 900}{12}$,, ,,

এবং 4 গ্রাম হাইড্রোজেনের ,, ,, 32

$\therefore$ 50 ,, ,, ,, ,, ,, ,, $\frac{32 \times 50}{4}$,, ,,

$\therefore$ প্রয়োজনীয় অক্সিজেনের সমগ্র ওজন

$$= \left(\frac{32 \times 900}{12} + \frac{32 \times 50}{4}\right) = 2800 \text{ গ্রাম}$$

কিন্তু, 100 গ্রাম বায়ুতে, 23 গ্রাম অক্সিজেন থাকে।

$\therefore$ 2800 গ্রাম অক্সিজেন $= \frac{100 \times 2800}{23}$ গ্রাম বায়ুতে থাকিবে।

আবার বায়ুর ঘনত্ব $= 14{\cdot}4$. $\therefore$ প্রমাণ ও উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার বায়ুর ওজন $= 14{\cdot}4 \times {\cdot}09$ গ্রাম $= 1{\cdot}296$ গ্রাম,

অর্থাৎ, প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে—$1{\cdot}296$ গ্রাম বায়ুর আয়তন 1 লিটার।

$\therefore$ $\frac{100 \times 2800}{23}$ গ্রাম বায়ুর আয়তন $\frac{100 \times 2800}{23 + 1{\cdot}296}$ লিটার $= 9393{\cdot}45$ লিটার।

ধরা যাক, প্রমাণ-উষ্ণতা ও চাপে $9393{\cdot}45$ লিটার বায়ুর 27°C. ও 750 মি. মি. চাপে আয়তন $= V$

$$\therefore \quad \frac{9393{\cdot}45 \times 760}{273} = \frac{V \times 750}{27 + 273}$$

$$\text{বা,} \quad V = \frac{9393{\cdot}45 \times 750 \times 300}{750 \times 273} = 10460{\cdot}1$$

অতএব বায়ুর নির্ণেয় আয়তন $= 10460{\cdot}1$ লিটার।

অনুশীলনী

1. নিম্নের যৌগগুলির প্রত্যেকটি 10 গ্রাম করিয়া লইয়া আলাদা আলদা ভাবে খুব উত্তপ্ত করিলে কি কি গ্যাস এবং কত পরিমাণে (মোল ও গ্রামে) পাওয়া যাইবে ?

(a) লেড নাইট্রেট, (b) পটাশিয়াম ক্লোরেট, (c) অ্যামোনিয়াম ডাইক্রোমেট, (d) ফেরাস সালফেট।

2. (a) (a) 50 গ্রাম Fe (b) 5 গ্রাম পরমাণু N_2 (c) $0{\cdot}10$ গ্রাম পরমাণু Ag এবং (d) 1×10^{23} পরমাণু Ra—কোনটার ওজন সবচেয়ে বেশী ? [Fe=56, Ag=108, Ra=226]

(b) (i) $1{\cdot}40$ গ্রাম N_2. (ii) $9{\cdot}20$ গ্রাম NO_2 (iii) $1{\cdot}5 \times 10^{21}$ অণু N_2O তে কত মোল বর্তমান। $0{\cdot}69$ গ্রা-পরমাণু H_2 কত NH_3 তে আছে ? [$0{\cdot}0500$, $2{\cdot}00$; $2{\cdot}5 \times 10^{-3}$; $0{\cdot}23$]

3. একটি পরমাণুর x ওজন $2{\cdot}97 \times 10^{-22}$ গ্রাম। কত গ্রাম x $0{\cdot}36$ গ্রাম-পরমাণু y-র সঙ্গে বিক্রিয়া করে ; বিক্রিয়াতে প্রতি 2টি x পরমাণুর জন্য 3টি y পরমাণু লাগে।

4. (i) 2·0 মোল, (ii) 0·64 মোল (iii) 1·1 গ্রাম $KClO_3$-র বিয়োজনে কত গ্রাম ও কত মোল O_2 পাওয়া যাইবে ?

5. 140 গ্রাম Fe-কে Fe_2O_3-তে জারিত করিতে কত মোল ও গ্রাম O_2 দরকার ?

[1·875 মোল, 60 গ্রাম]

6. একটি কপার সালফেট দ্রবণে জিঙ্ক যোগ করিয়া 4·2 গ্রাম কপার অধঃক্ষিপ্ত হইলে কতটুকু জিঙ্ক সালফেট উৎপন্ন হইবে। [Cu=63 ; Zn=65] [10·73 গ্রাম]

7. NaCl ও KCl-এর একটি মিশ্রণের 1·873 গ্রাম জলে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে অতিরিক্ত $AgNO_3$ মিশাইলে 3·731 গ্রাম AgCl পাওয়া গেল। মিশ্রণে KCl-এর পরিমাণ কত ? [57·41%]

8. 1·84 গ্রাম $CaCO_3$ ও $MgCO_3$-এর মিশ্রণ অতি উত্তপ্ত করা হইল যতক্ষণ পর্যন্ত না অবশেষ ওজনে স্থির হয়। অবশেষের ওজন 0·96 গ্রাম পাওয়া গেল। মিশ্রণের শতকরা সমুতি নির্ণয় কর।

[$CaCO_3$=54·34%, Mg CO_3 45·66%]

9. 4 গ্রাম সোডিয়াম বাইকার্বনেট ($NaHCO_3$) ও সোডিয়াম কার্বনেটের (Na_2CO_3) একটি মিশ্রণকে উত্তপ্ত করাতে ওজনের হ্রাস 0·464 গ্রাম হয়। মিশ্রণে Na_2CO_3-র পরিমাণ কত ছিল ?

[2·714]

10. 10 গ্রাম কপার ও 10 গ্রাম সালফারকে পৃথক ভাবে অতিরিক্ত গাঢ় H_2SO_4-র সহিত উত্তপ্ত করা হইল। উৎপন্ন SO_2-এর মোল ও আয়তন অনুপাত নির্ণয় কর। [32 : 189 ; 32 : 189]

11. 27°C তাপমাত্রায় ও 760 mm. চাপে এক লিটার কার্বন ডাই অক্সাইড তৈয়ারী করিতে হইলে কত পরিমাণ বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম কার্বনেট প্রয়োজন হইবে ? হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণে ওজন অনুসারে শতকরা 22 ভাগ অ্যাসিড থাকিলে কত পরিমাণ অ্যাসিড দ্রবণ প্রয়োজন হইবে ? কত পরিমান বিশুদ্ধ কার্বন হইতে ঐ একই পরিমাণ কার্বন ডাই অক্সাইড পাওয়া যাইবে ?

(Ca=40, Cl=35·5) ($CaCO_3$ 4·062 গ্রাম) [(HCl 13·48 গ্রাম) (C 0·487 গ্রাম)]

12. $KClO_3$-এর একটি নমুনার সহিত কিছু KCl মিশ্রিত ছিল। এই মিশ্রণের 1·555 গ্রাম বিয়োজিত করিয়া যে অক্সিজেন উদ্ভূত হয় তাহা দ্বারা 27°C উষ্ণতা ও 750 মিমি. চাপে 152 সিসি. অ্যাসটিলীন গ্যাসকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করা সম্ভব হইল। মিশ্রণটিতে $KClO_3$-এর শতকরা পরিমাণ কত ?

13. 1520 সিসি. একটি গ্যাস মিশ্রণে 27°C উষ্ণতায় ও 750 মিমি. চাপে মিথেন=20% এবং কার্বন মনোক্সাইড=80% ছিল। এই গ্যাস মিশ্রণের সম্পূর্ণ জারণের জন্য যে অক্সিজেন প্রয়োজন তাহা উৎপাদন করিতে কত গ্রাম ও মোল $KClO_3$-এর প্রয়োজন হইবে ? [3·98 গ্রাম]

14. একটি যৌগে X, Y, Z পরমাণু 2 : 2 : 7 অনুপাতে আছে। 0·175 গ্রাম পরমাণু X, 903×10^{23} পরমাণু Y ও 9·63 গ্রাম Z হইতে সর্বোচ্চ কত পরিমাণ যৌগটি পাওয়া যাইবে ? [X=23·0, Y=31·0, Z=16 0]

15. বিসমাথের (Bi) পারমাণবিকভার 209·00। এক পরমাণু Bi-র ভার কত ? 6·27 গ্রাম Bi-এ (a) কত পরমাণু, (b) কত গ্রাম পরমাণু বিসমাথ আছে। Bi_2O_3টি গঠন করিতে কত গ্রাম অক্সিজেন 6·27 গ্রাম Bi-এর সঙ্গে বিক্রিয়া করিবে ? 6·27 গ্রাম Bi ও 1·28 গ্রাম S হইতে কত গ্রাম Bi_2S_3 উৎপন্ন হইবে ?

তৃতীয় অধ্যায়

পদার্থের শতকরা সংযুতি (Percentage composition) ; স্থূল সংকেত (Empirical formula), প্রকৃত বা আণবিক সংকেত (True or molecular formula)

কোন পদার্থের সংযুতি বলিতে বুঝায় পদার্থটিতে কি কি উপাদান এবং উহারা কি কি পরিমাণে বর্তমান। উপাদান সমূহের পরিমাণ সাধারণতঃ শতকরা অংশ হিসাবে প্রকাশ করা হয়। এই শতকরা পরিমাণ আবার ওজন বা আয়তন হিসাবে হইতে পারে। সাধারণতঃ কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে উপাদানগুলি ওজন অনুপাতে এবং তরল, মিশ্র বা দ্রবণের উপাদানগুলি আয়তন অনুপাতে প্রকাশিত হয়। ওজন অনুপাতে 100 ভাগ পদার্থে কোন উপাদানের যত ভাগ ওজন বর্তমান, তাহাই সেই উপাদানটির শতকরা সংযুতি। যেমন মার্বেল পাথরে ক্যালসিয়ামের পরিমাণ শতকরা 40 ভাগ অর্থাৎ 100 গ্রাম মার্বেল পাথরে 40 গ্রাম ক্যালসিয়াম আছে। আবার শতকরা 10 ভাগ চিনির দ্রবণের অর্থ 100 সি. সি. দ্রবণে 10 গ্রাম চিনি বর্তমান। 'শতকরা 34 ভাগ নাইট্রিক অ্যাসিড' বলিলে বুঝায় 100 সিসি অ্যাসিডে 34 গ্রাম নাইট্রিক অ্যাসিড রহিয়াছে। পদার্থের কোন উপাদান উহাতে যে পরিমাণে বর্তমান তাহাকে পদার্থটির আণবিক ভার দিয়া ভাগ করিয়া ভাগফলকে 100 দ্বারা গুণ করিলেই উপাদানটির শতকরা সংযুতি জানা যায়।

$$\% \text{ কোন উপাদান} = \frac{\text{উপাদানটির এক মৌলের ওজন}}{\text{এক মৌলের ওজন}} \times 100$$

গাণিতিক উদাহরণ

1. ক্যালসিয়াস কার্বনেটের শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর। ($Ca=40, O=16, C=12$).

ক্যালসিয়াম কার্বনেটের সংকেত $CaCO_3$ এবং উহার আণবিক ভার $=40+12+3\times16=100$. 100 ভাগ কার্বনেটে ক্যালসিয়াম, কার্বন ও অক্সিজেনের পরিমাণ যথাক্রমে 40 ভাগ, 12 ভাগ ও 48 ভাগ।

অতএব $\%\ Ca=\frac{40\times100}{100}=40$; $\%\ C=\frac{12\times100}{100}=12$;

$$\%\ O=\frac{48\times100}{100}=48.$$

2, পটাসিয়াম ডাইক্রোমেটের ($K_2Cr_2O_7$) শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর :—
($K = 39{\cdot}1$, $Cr = 52$).

$K_2Cr_2O_7$-র আণবিক ভার $= 2 \times 39{\cdot}1 + 2 \times 52 + 7 \times 16 = 294{\cdot}2$;

$$\%K = \frac{2 \times 39{\cdot}1 \times 100}{294{\cdot}2} = 26{\cdot}57\% \; ; \quad \%Cr \frac{2 \times 52 \times 100}{294{\cdot}2} = 35{\cdot}36\%$$

$$\%O_2 = \frac{7 \times 16 \times 100}{294{\cdot}2} = 38{\cdot}07$$

3. (i) সোডিয়াম কার্বনেটে $Na_2CO_3, 10H_2O$ কেলাস জলের শতকরা মাত্রা কত ?

$Na_2CO_3, 10H_2O$-এর আণবিক ভার $= 2 \times 23 + 1 \times 12 + 3 \times 16 + 10 \times 18 = 286.$

286 ভাগ ওজনের কার্বনেটে কেলাস জলের ওজনের ভাগ $= 180$.

অতএব কেলাস জলের শতকরা মাত্রা $\frac{180 \times 100}{286} = 62{\cdot}93$ ।

(ii) সোদক কপার সালফেটে কেলাস জলের পরিমাণ কত ?

কপার সালফেটের সংকেত $CuSO_4, 5H_2O$;

ইহার এক মৌল $= 53{\cdot}5 + 32 + 4 \times 16 + 5 \times 18 = 249{\cdot}5$ গ্রাম।

অতএব % কেলাস জল $= \frac{5 \times 18 \times 100}{249{\cdot}5} = 36{\cdot}07\%$

বৃহৎ সংকেতের যৌগিকগুলিকে উহাদের রাসায়নিক স্বরূপের সহিত সংগতি রাখিয়া ক্ষুদ্রতর সংকেতের কয়েকটি যৌগাংশের সমষ্টি মনে করা যাইতে পারে এবং এইরূপ সরলতর যৌগাংশগুলির শতকরা মাত্রা অনুরূপভাবে নির্ণয় করা চলে। যেমন রেডলেড Pb_3O_4-কে PbO_2 ও $2PbO$-র সমষ্টি এবং

অনার্দ্র $CaSO_4$-কে CaO ও SO_3-র সমষ্টিরূপে ধরা যায়।

4. সোদক অ্যালুমিনিয়াম সালফেট, [$Al_2(SO_4)_3, 18H_2O$]-এ SO_3-এর শতকরা মাত্রা কত ?

$$Al_2(SO_4)_3, 18H_2O \rightarrow Al_2O_3 + 3SO_3 + 18H_2O$$

$$2 \times 27 + 3(32 + 4 \times 16) + 18(2 \times 1 + 16) \quad 3(32 + 3 \times 16)$$

$$= 666 \qquad\qquad = 240$$

অর্থাৎ 666 ভাগ ওজনের অ্যালুমিনিয়াম সালফেটের মধ্যে SO_3-র 240 ভাগ ওজন থাকে।

$\therefore$ SO_3 এর শতকরা মাত্রা $= \frac{240 \times 100}{666} = 39{\cdot}05$

5. ক্যালসিয়াম ফসফেটে P_2O_5-র পরিমাণ নির্ণয় কর।

ক্যালসিয়াম ফসফেটের সংকেত $Ca_3(PO_4)_2$

এবং ইহার এক মোল $= 3 \times 40 + 2(31 + 4 \times 16) = 310$ গ্রাম।

ক্যালসিয়াম ফসফেটকে $3CaO$ ও P_2O_5-এর সমষ্টিরূপে মনে করা যাইতে পারে। P_2O_5-র ওজন $= 2 \times 31 + 5 \times 16 = 142$ গ্রাম।

$$\therefore \ \% \, P_2O_5 = \frac{142 \times 100}{310} = 45{\cdot}8$$

6. 2·435 গ্রাম একটি ধাতু (M) 0·962 গ্রাম সালফারের সঙ্গে যুক্ত হইয়া একটি যৌগ গঠন করিয়াছে। যৌগটির সরলতম সংকেত নির্ণয় কর।

[M = 121·76 ; S = 32·066]

M ধাতুর গ্রাম-পরমাণুর (গ্রাঃ পঃ) সংখ্যা $= \dfrac{\text{M-এর ওজন}}{\text{M-এর একটি পরমাণুর ওজন}}$

$$= \frac{2{\cdot}435 \text{ গ্রাঃ}}{121{\cdot}76 \text{ গ্রাঃ/গ্রাঃ পঃ}} = 0{\cdot}0200 \text{ গ্রাঃ পঃ।}$$

S-এর গ্রাঃ পঃ সংখ্যা $= \dfrac{\text{S-এর ওজন}}{\text{S-এর একটি পরমাণুর ওজন}}$

$$= \frac{0{\cdot}962 \text{ গ্রাঃ}}{32{\cdot}066 \text{ গ্রাঃ/পঃ}} = 0{\cdot}0300 \text{ গ্রাঃ পঃ}$$

যৌগিকে 0·0200 গ্রাঃ পঃ M 0·0300 গ্রাঃ পঃ S-এর সঙ্গে সংযুক্ত হইয়াছে ; উহাদের গ্রাঃ পঃ অনুপাত 2 : 3 ; অর্থাৎ 2টি M পরমাণু 3টি S পরমাণুর সহিত সংযুক্ত। অতএব যৌগের সরলতম সংকেত M_2S_3।

7. একটি যৌগে S এবং O_2-এর মাত্রা S = 50·05%, O_2 = 49·95%। যৌগের সংকেত কি ?

S-এর গ্রাঃ পঃ সংখ্যা $= \dfrac{50{\cdot}05 \text{ গ্রাঃ}}{32{\cdot}066 \text{ গ্রাঃ/গ্রাঃ পঃ}} = 1{\cdot}561$ গ্রাঃ পঃ

O-এর গ্রাঃ পঃ সংখ্যা $= \dfrac{49{\cdot}95 \text{ গ্রাঃ}}{16{\cdot}000 \text{ গ্রাঃ/গ্রাঃ পঃ}} = 3{\cdot}122$ গ্রাঃ পঃ

অতএব যৌগের সরলতম সংকেত $S_{1 \cdot 561} O_{3 \cdot 122}$ বা, SO_2.

8. 1·26 গ্রাম C 0·240 গ্রাঃ পঃ H_2 এবং $9{\cdot}03 \times 10^{21}$ পরমাণু O_2-এর সহিত যুক্ত হইয়া একটি যৌগিক গঠন করিয়াছে। যৌগটির সরলতম সংকেত নির্ণয় কর।

$$\text{C-এর গ্রাঃ পঃ সংখ্যা} = \frac{1{\cdot}26 \text{ গ্রাঃ}}{12{\cdot}00 \text{ গ্রাঃ/গ্রাঃ পঃ}} = 0{\cdot}105 \text{ গ্রাঃ পঃ};$$

H-এর „ „ „ $= 0{\cdot}240$ গ্রাঃ পঃ

O-এর „ „ „ $= \frac{9{\cdot}03 \times 10^{21}}{6{\cdot}02 \times 10^{23}} = 0{\cdot}015$ গ্রাঃ পঃ

অতএব যৌগে C, H ও O গ্রাঃ পঃ অর্থাৎ পরমাণু সংখ্যার অনুপাত 0·105 : 0·240 : 0·015 ; যৌগটির সংকেত $C_{0{\cdot}105}H_{0{\cdot}240}O_{0{\cdot}015}$ বা, $C_7H_{16}O$

শতকরা মাত্রা-সংযুতি হইতে স্থূল সংকেত নিরূপণ (Calculation of Empirical formula from percentage composition) :

যে সরলতম সংকেতে কোন যৌগস্থিত উপাদান মৌলগুলির পরমাণুর সংখ্যার অনুপাত মাত্র (পরমাণুর প্রকৃত সংখ্যা নয়) নির্দেশিত হয় সেই সংকেতকে যৌগের স্থূল সংকেত বলা হয়। স্থূল সংকেত হইতে যৌগের প্রতি অণুতে পরমাণু সংখ্যার অনুপাত জানা যায় ; অণুতে কয়টি পরমাণু বর্তমান, তাহা জানা যায় না।

ধরা যাক্ A ও B দুইটি মৌলসমন্বয়ে গঠিত কোনো যৌগিকের সংযুতির শতকরা মাত্রা যথাক্রমে A = p% এবং B = q%, এবং ধরা যাক্—যৌগিকের একটি অণুতে A ও B-র আপেক্ষিক পরমাণু সংখ্যা যথাক্রমে x এবং y। অর্থাৎ AB যৌগিকটির অণুর মধ্যে A ও B-এর পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত x : y। অতএব, যৌগিকটির সরলতম সংকেত AxBy। A ও B-এর পারমাণবিক ভারকে যদি যথাক্রমে a ও b ধরা হয়, তবে আপেক্ষিক ওজনের অনুপাতে—A মৌলের ওজন ax এবং B মৌলের ওজন by বর্তমান থাকিবে। কিন্তু আপেক্ষিক ওজনগুলি রাসায়নিক বিশ্লেষণলব্ধ A ও B-এর শতকরা হারের আনুপাতিক।

$$\therefore \quad ax : by :: p : q \quad \text{বা,} \quad x : y = \frac{p}{a} : \frac{q}{b}$$

অর্থাৎ, যৌগিকটির মধ্যে বর্তমান প্রতিটি মৌলের শতকরা মাত্রাকে উহাদের স্ব স্ব পারমাণবিক ভার দিয়া ভাগ করিলে যে সংখ্যাগুলি পাওয়া যায়, সেইগুলিই যৌগিকটির অণুর মধ্যে মৌলগুলির পরমাণু সংখ্যাগুলিকে যথাক্রমে সূচিত করিয়া থাকে। এইরূপে প্রাপ্ত পরমাণু-সংখ্যার সমন্বয়ে যে আণবিক সংকেত পাওয়া যায়, ঐ সংকেতকে **স্থূল সংকেত** বলা হয়।

কোনো কোনো ক্ষেত্রে পরমাণু-সংখ্যাগুলি ভগ্নাংশরূপে পাওয়া যায়। কিন্তু

পরমাণু অবিভাজ্য বলিয়া ভগ্নাংশরূপে পরমাণুর অস্তিত্ব সম্ভব নয়। এরূপ ক্ষেত্রে নিরূপিত পরমাণু সংখ্যাগুলির মধ্যে ক্ষুদ্রতম সংখ্যাটি দ্বারা সকল সংখ্যাগুলিকে ভাগ করিয়া পরমাণু সংখ্যাগুলিকে পূর্ণসংখ্যায় পরিবর্তিত করা হইয়া থাকে।

অতএব, শতকরা মাত্রা-সংযুতি হইতে স্থূল-সংকেত নির্ধারণের কালে নিম্নোক্ত নিয়মগুলি স্মরণীয় :—

(১) প্রতিটি মৌলের শতকরা মাত্রাকে উহাদের পারমাণবিক ভার দিয়া ভাগ করিয়া মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত নির্ণয় করা হয়,

(২) প্রাপ্ত পরমাণু-সংখ্যার অনুপাতগুলির (ভগ্নাংশ হইলে) ক্ষুদ্রতম সংখ্যাটি দ্বারা প্রতিটি অনুপাত সংখ্যাকে ভাগ করা হয় ; ভাগফলগুলি পরমাণু সংখ্যাগুলির অনুপাত নির্দেশ করে,

(৩) মৌলগুলির পরমাণু-সংখ্যার অনুপাত সমন্বয়ে স্থূল-সংকেত লিখিত হয়।

স্থূল সংকেত ও প্রকৃত বা আণবিক সংকেত (Empirical formula and True or molecular formula) :

যৌগিকের স্থূল-সংকেতে উপাদান মৌলগুলির পরমাণুর অনুপাতই প্রদর্শিত হয়। যৌগিকের একটি অণুতে প্রকৃত পরমাণু-সংখ্যাগুলি অনেক ক্ষেত্রে স্থূল-সংকেত নির্দেশিত পরমাণুগুলির অনুপাতে না থাকিয়া গুণিতক অনুপাতে থাকিতে পারে। প্রকৃত পরমাণু সংখ্যা নির্দেশ করিয়া (কেবলমাত্র পরমাণু-সংখ্যাগুলির অনুপাত নয়), যে সংকেতে যৌগিকের অণু নির্দেশিত হইয়া থাকে, ঐ সংকেতকে যৌগিকটির প্রকৃত বা আণবিক সংকেত বলা হয়।

উদাহরণ স্বরূপ, ইথার নামক কোনো যৌগিকে C, H, O-এর পরমাণুগুলির অনুপাত—4 : 10 : 1 ; অতএব যৌগিকটির স্থূল-সংকেত $C_4H_{10}O$; কিন্তু যৌগিকটির সংকেত $(C_4H_{10}O)_2$, $(C_4H_{10}O)_3$, $(C_4H_{10}O)_4 \cdots (C_4H_{10}O)n$ প্রভৃতি লিখিলেও দেখা যায় যে, প্রতিটি সংকেতের মধ্যে C, H, O-এর পরমাণুগুলি একই অনুপাতে বর্তমান আছে। সুতরাং উপরোক্ত সংকেতগুলির কোনো বিশেষ একটিকেই যৌগিকটির একমাত্র নির্দিষ্ট সংকেত বলা চলে না।

এখন যদি উপরোক্ত সংকেতগুলির মধ্যে—$C_4H_{10}O$ সংকেতটিকেই প্রকৃত বলিয়া গ্রহণ করা যায়, তবে ইথারের আণবিক ভার হইবে— $4 \times 12 + 10 \times 1 + 16)$ বা 74। অনুরূপভাবে, $(C_4H_{10}O)_2$-কে প্রকৃত সংকেত বলিয়া গ্রহণ করিলে ইথারের আণবিক ভার হইবে 74×2 বা 148। অনুরূপ ভাবে $(C_4H_{10}O)_4$ সংকেতে ইথারের আণবিক ভার—296 ; ইত্যাদি। সুতরাং যৌগিকটির আণবিক ভার জানা

থাকিলেই প্রকৃত সংকেত নির্বাচন করা সম্ভব। আণবিক ভার নির্ধারণের একটি সহজ উপায় বাষ্পঘনত্ব নির্ধারণ ;

আণবিক ভার = ২ × বাষ্পঘনত্ব

ইথারের স্থূল-সংকেত যদি $C_4H_{10}O$ হয়, তবে উহার প্রকৃত সংকেত যদি $(C_4H_{10}O)n$। এখন ইথারের বাষ্প-ঘনত্ব যদি 37 হয়, তবে,—

ইথারের আণবিক ভার = 2 × বাষ্প-ঘনত্ব = 2 × 37 = 74

∴ $(C_4H_{10}O)n$-এর আণবিক ভার = 74

বা, $(4\times12+10\times1+16)\times n=74$

বা, $n=1$

অতএব, ইথারের প্রকৃত সংকেত $= C_4H_{10}O$

গাণিতিক উদাহরণ

1. নিম্নোক্ত শতকরা মাত্রা সংযুতি হইতে ইথারের সংকেত নির্ণয় কর।

C = 64·86; H = 13·51 ; O = 21·26.

সসাধান ঃ পূর্বোক্ত-প্রণালীর প্রয়োগ করিয়া—

	শতকরা ওজন	শতকরা ওজন ÷ পারমাণবিক ভার	পরমাণু সংখ্যার অনুপাত	প্রতিটি সংখ্যাকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 1·35 দ্বারা ভাগ করিয়া	পূর্ণসংখ্যায় পরমাণুর অনুপাত
কার্বন	64·86	64·86 ÷ 12	5·4	C	4
হাইড্রোজেন	13·51	13·51 ÷ 1	13·51	H	10
অক্সিজেন	21·62	21·62 ÷ 16	1·35	O	1

সুতরাং, পরমাণু সংখ্যার অনুপাতে—কার্বন ঃ হাইড্রোজেন ঃ অক্সিজেন = 4 : 10 : 1. অতএব 1টি ইথারের অণুর মধ্যে কার্বন, হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন, ঐ ঐ অনুপাতেই বর্তমান আছে এবং ইথারের স্থূল-সংকেত $= C_4H_{10}O$.

2. একটি যৌগে কার্বন 37·8%, হাইড্রোজেন 6·3%, ক্লোরিন 55·9% আছে। গ্যাসীয় অবস্থায় 100°C ও 775 মি মি. চাপে 2·59 গ্রাম যৌগের আয়তন 624 মিলি। যৌগটির আণবিক সংকেত কি ?

প্রতি মৌলের শতকরা মাত্রাকে উহাদের পারমাণবিক ভার দিয়া ভাগ করিলে,

$$C=\frac{37{\cdot}8}{12}=3{\cdot}15;\; H_2=\frac{6{\cdot}3}{1}=6{\cdot}3 \text{ এবং } Cl_2=\frac{55{\cdot}9}{35{\cdot}46}=1{\cdot}575$$

এই সংখ্যাগুলি (3·15, 6·3, 1·575) যৌগের অণুতে C, H, Cl-এর পরমাণু সংখ্যার অনুপাত প্রকাশ করে। যৌগের স্থূল সংকেত $C_{3\cdot15}H_{6\cdot3}Cl_{1\cdot575}$। পরমাণু অবিভাজ্য (রাসায়নিক বিক্রিয়ায়) ; উহাদের ভগ্নাংশে প্রকাশ সম্ভব নয়। কাজেই এই পরমাণুর সংখ্যাগুলিকে ক্ষুদ্রতম সংখ্যা 1·575 দ্বারা ভাগ করিয়া পূর্ণসংখ্যায় পরিবর্তিত করা হয়।

$$C=\frac{3\cdot15}{1\cdot575}=2\,;\quad H=\frac{6\cdot3}{1\cdot575}=4\,;\quad Cl=\frac{1\cdot575}{1\cdot575}=1.$$

অতএব যৌগের স্থূলসংকেত C_2H_4Cl ; এবং আণবিক সংকেত $(C_2H_4Cl)n$
N.T.P.তে যৌগের 2·59 গ্রামের আয়তন (V) ধরিলে,

$$V=624\text{ মি. লি.}\times\frac{273^\circ A}{373^\circ A}\times\frac{775\text{ মি.মি,}}{760\text{ মি.মি.}}=466\text{ মিলি}=0\cdot466\text{ লিটার}$$

অর্থাৎ 0·466 লিটার আয়তনের ওজন 2·59 গ্রাম

$$22\cdot4\quad ,,\quad ,,\quad ,,\quad \frac{2\cdot59\text{ গ্রাম}\times22\cdot4\text{ লিঃ}}{0\cdot466\text{ লিঃ}}=124\cdot5\text{ গ্রাঃ}$$

অতএব যৌগের গ্রাম অণু বা মোল = 124·5 গ্রাম।

[N P.T.তে যে কোন গ্যাসের গ্রাম অণুর আয়তন 22·4 লিঃ]

কাজেই $(C_2H_4Cl)n=124\cdot5$; বা, $(2\times12+1\times4+1\times35\cdot46)n$
$=124\cdot5$ বা, $(63\cdot46)n=124\cdot5$, বা, $n=2$ (পূর্ণসংখ্যায়)
∴ যৌগের আণবিক সংকেত $C_4H_8Cl_2$.

অনুশীলনী

1. শতকরা মাত্রা নির্ণয় কর :

(i) অ্যালামে $[K_2SO_4,\ Al_2(SO_4)_3,\ 24H_2O]$, SO_4 ; (ii) সোডিয়াম ফসফেট $[Na_2HPO_4,\ 12H_2O]$ স্ফটিকে P_2O_5 ; (iii) ফেরাস সালফেটে $(FeSO_4, 7H_2O)$, কেলাস জল, (iv) কার্নালাইটে $(2KCl,\ MgCl_2\ 6H_2O)$ Cl_2, (v) হোয়াইট লেডে $[PbCO_3, Pb(OH)_2]$ লেড। [(i) 40·5, (ii) 19·83, (iii) 45·32, (iv) 38·36, (v) 80·12.]

2. কতিপয় যৌগের সংযুতির শতকরা মাত্রা নীচে দেওয়া হইল। উহাদের স্থূলসংকেত নির্ণয় কর।

(i)	(ii)	(iii)	(iv)	(v)
Na=29·11 ;	C=42·11 ;	K=56·59 ;	Mg=21·62 ;	Na=36·51
S=40·51 ;	H=6·43 ;	C=8·68 ;	O=50·54 ;	S=25·39
O=30·38 ;	O=51·46 ;	O=34·73 ;	P=27·93 ;	O=38·10

[(i) $Na_2S_2O_3$, (ii) $C_{12}H_{22}O_{11}$, (iii) K_2CO_3, (iv) $Mg_2P_2O_7$, (v) Na_2SO_3]

3. একটি দ্বিযৌগিক লবণে K=17·8%, Ni=13·5%, SO_4=44%, এবং H_2O=24·7% আছে। লবণটির সংকেত কি হইবে?

4. সিলভার ক্লোরাইড ও অ্যামোনিয়ার একটি যুত যৌগিকে NH_3=150·88%, Cl=21·012%, Ag=63·90% আছে। যুত যৌগটির সংকেত কি? [Ag=108, Cl=35·5, N=14] [$Ag(NH_3)_2Cl$]

5. 1·245 গ্রাম কপার সালফেটের সোদক স্ফটিক উত্তপ্ত করিলে 0·795 গ্রাম অনার্দ্র $CuSO_4$ পাওয়া যায়। সোদক কপার সালফেট স্ফটিকের অণুতে জলের অণু সংখ্যা কত? [$5H_2O$]

6. অ্যালাম স্ফটিক জলসহ K_2SO_4 ও $Al_2(SO_4)_3$-এর একটি যুত যৌগিক। উহার স্ফটিকে 45·57% জল আছে। স্ফটিকের অণুতে কত অণু স্ফটিক জল আছে নির্ণয় কর।

7. একটি সোদক স্ফটিক হইতে জল দূরীভূত করিলে উহার ওজন 45·6% হ্রাস পায়। অনার্দ্র স্ফটিকে Al=10·5%, K=15·1%, S=24·8% এবং O=49·6% আছে। সোদক ও অনার্দ্র স্ফটিকের স্থূল সংকেত নির্ণয় কর।

8. পদার্থের স্থূলসংকেত ও আণবিক সংকেত বলিতে কি বুঝ? উহাদের পার্থক্য কী? একটি যৌগে H=1·59%, N=22·32%, O=76·09% আছে। গ্যাসীয় অবস্থায় (100°C ও 740 মিমি চাপে) যৌগটির 467·7 মিমি আয়তনের ওজন 0·939 গ্রাম। যৌগটির সংকেত কি? [HNO_3]

9. একটি হাইড্রোকার্বন যৌগে কার্বন 85·62% আছে। প্রমাণ অবস্থায় ইহার ঘনত্ব 1·26 গ্রাম/লিটার। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত কি?

10. একটি যৌগে C=10·05%, H=0·85% ও Cl=89% আছে। 150°C তাপমাত্রা ও 760 মিমি চাপে গ্যাসীয় অবস্থায় ইহার ঘনত্ব লিটার প্রতি 3·43 গ্রাম। যৌগটির স্থূল সংকেত ও আণবিক সংকেত বাহির কর। [$CHCl_3$]

11. নিম্নোক্ত উপাত্ত (data) হইতে যৌগসমূহের সরলতম সংকেত নির্ণয় কর। (i) 2 গ্রাঃ পঃ N, 3 গ্রাঃ পঃ O-এর সহিত যুক্ত; (ii) 0·125 গ্রাঃ পঃ N, 0·250 গ্রাঃ পঃ O-এর সহিত যুক্ত; (iii) 7·0 গ্রাম N, 20·0 গ্রাম O-এর সহিত যুক্ত; (iv) 4·2 গ্রাঃ N 0·15 গ্রাঃ পঃ O-এর সহিত যুক্ত; (v) যৌগে N=46·7%, O=53·3% আছে। [N_2O_3 ; NO_2 ; N_2O_5 ; N_2O ; NO]

12. একটি যৌগে 6টি X পরমাণু Y-র 10টি পরমাণুর সহিত যুক্ত। X-র গ্রাঃ পরমাণুর ওজন 23 গ্রাম। Y-র একটি পরমাণুর ওজন $1·6\times10^{-23}$ গ্রাম। X ও Y-র পাঃ ভাঃ কত? যৌগের উপাদান সমূহের শতকরা সংযুতি নির্ণয় কর! যৌগটির সরলতম ও আণবিক সংকেত কি? যৌগটির আণবিক ভার কত? যৌগটির $3·0\times10^{19}$ অণুর ওজন কত?

[92 amu ; 96 amu ; 37% X, 63% Y ; X_3Y_5 ; X_6Y_{10} ; 1,510 amu ; 0·076 গ্রাম]

13. একটি রঙিন যৌগে K=24·7%, Mn=34·8%, ও O=40·5% বর্তমান। 31·6 গ্রাঃ যৌগে প্রতিটি মৌলের কত গ্রাঃ পরমাণু আছে? মোট পরমাণুর সংখ্যা কত? যৌগটির সরলতম সংকেত কি? যৌগটির কত মোল উহাতে আছে।

[(i) 0·200 গ্রাঃ পঃ K ; 0·200 গ্রাঃ পঃ Mn ; 0·800 গ্রাঃ পঃ O_2 (ii) $7·22\times10^{23}$ পরমাণু (iii $KMnO_4$ (iv) 0·200 মোল।]

14. 0·370 গ্রাঃ A-তে $3·01\times10^{21}$ পরমাণু A আছে। A-র এই ওজন $9·03\times10^{21}$ পরমাণু B-র সঙ্গে যুক্ত আছে। B-র আণবিক ভার 87·00 পাঃ ভঃ এঃ। A-র পাঃ ভাঃ কত? যৌগটির সরলতম্ সংকেত কি? যৌগটির শতকরা সংযুতি (ওজন অনুপাতে) নির্ণয় কর।

চতুর্থ অধ্যায়

রাসায়নিক বিক্রিয়া অন্তর্ভুক্ত গ্যাসীয় পদার্থের আয়তন গণনা : গ্যাসমিতি (Calculation of volumes of gases taking part in chemical reaction : Eudiometry)

গ্যাসীয় পদার্থের বিক্রিয়া নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় উহাদের আয়তনের সরল অনুপাতে ঘটে এবং বিক্রিয়াজাত পদার্থ গ্যাসীয় হইলে উহার বা উহাদের আয়তনও বিক্রিয়কের আয়তনের সহিত সরলানুপাতে থাকে (গে-লুস্যাক)

আবার, নির্দিষ্ট চাপ ও তাপমাত্রায় সমস্ত গ্যাসীয় পদার্থের এক গ্রাম অণুর বা এক মোলের আয়তন সমান (অ্যাভোগাড্রো) এবং N.T.P.-তে এই আয়তনের মান 22·4 লিটার।

(a)	H_2	+	Cl_2	$= 2HCl$
	1 মোল		1 মোল	2 মোল
প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায়	22·4 লিটার		22·4 লিটার	2×22·4 লিটার
(b)	N_2	+	$3H_2$	$2NH_3$
	1 মোল		3 মোল	2 মোল
প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায়	22·4 লিটার		3×22·4 লিটার	2×22·4 লিঃ
(c)	O_2	+	$2H_2$	$= 2H_2O$ (ষ্টীম)
	1 মোল		2 মোল	2 মোল
প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায়	22·4 লিটার		2×22·4 লিঃ	2×22·4 লিটার।

সমীকরণের সাহায্যে কোন পদার্থের অণু বা কত গ্রাম অণু বা মোল বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে তাহা জানা যায়।

উপরের (a) সমীকরণে হাইড্রোজেনের এক গ্রাম অণু (2 গ্রাম) ক্লোরিনের এক গ্রাম অণুর (2×35·46 গ্রাম) সহিত সংযুক্ত হইয়া হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাসের 2 গ্রাম অণু (2×36·46 গ্রাম) উৎপন্ন করে। অথবা প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় 22·4 লিটার H_2, 22·4 লিটার Cl_2-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া 2×22·4 লিটার HCl গ্যাস উৎপন্ন করে।

এখন রাসায়নিক বিক্রিয়ার অন্তর্ভুক্ত গ্যাসের প্রকৃত আয়তন বিবেচনা না করিয়া কেবলমাত্র উহাদের আয়তনের তুলনামূলক সম্বন্ধ গণনা করা হয়। সেক্ষেত্রে গণনার

সুবিধার জন্য যে কোন গ্যাসের এক মোল (এক গ্রাম অণু) আয়তনকে আয়তনের একক ধরা হয় অর্থাৎ প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় কোন গ্যাসের 22·4 লিটারকে 1 আয়তন বলিয়া ধার্য করা হয়। এই বিচারে (a) সমীকরণটি, 1 আয়তন H+ 1 আয়তন Cl→2 আয়তন HCl গ্যাস।

উপরের সমীকরণ হইতে স্পষ্টতঃই দেখা যাইতেছে যে কোন বিক্রিয়াতে গ্যাসীয় পদার্থ সমূহের অণুর অনুপাত ও উহাদের আয়তনের অনুপাত একই। অতএব কোন বিক্রিয়ার সমীকরণ হইতে নির্দিষ্ট আয়তনের বিক্রিয়ক হইতে কত আয়তন গ্যাসীয় পদার্থ উৎপন্ন হইবে, তাহা জানা সম্ভব হয়। **বিভিন্ন গ্যাসীয় পদার্থকে আয়তনের সম্পর্কের উপর নির্ভর করিয়া উহাদের পরিমাণ জানাকেই গ্যাসমিতি** বলা হয়। নীচে কতকগুলি বিক্রিয়ার সমীকরণ দেওয়া হইল :

1.	C +	O =	CO_2		আয়তনের, পরিবর্তন
	1 মোল	1 মোল	1 মোল		
	কঠিন, 0 আয়তন	1 আয়তন	1 আয়তন		অপরিবর্তিত
2.	2CO +	O_2 =	$2CO_2$		
	2 মোল	1 মোল	2 মোল		
	2 আয়তন	1 আয়তন	2 আয়তন ;		সংকোচন = 1 আয়তন।
3.	CH_4 +	$2O_2$ =	CO_2 +	$2H_2O$	
	1 মোল	2 মোল	1 মোল	2 মোল	
	1 আয়তন	2 আয়তন	1 আয়তন	জল (0 আয়তন)	
					সংকোচন = 2 আয়তন
4.	$2C_2H_2$ +	$5O_2$ =	$4CO_2$ +	$2H_2O$	
	2 মোল	5 মোল	4 মোল +	2 মোল	
	2 আয়তন	5 আয়তন	4 আয়তন	0 আয়তন	
					সংকোচন = 3 আয়তন

আয়তন নির্ধারণ প্রণালী :

সঠিক আয়তন নিরূপণ করিতে হইলে নিম্নোক্ত সূত্রগুলি মনে রাখিতে হইবে :

1. রাসায়নিক সমীকরণটি নির্ভুলভাবে লিখিতে হইবে।
2. সমীকরণে প্রদর্শিত গ্যাসগুলি সর্বদাই প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় প্রকাশিত হইয়া থাকে। গ্যাস প্রমাণ অবস্থায় না থাকিলে গ্যাস সমীকরণের $\frac{PV}{T}=\frac{P'V'}{T'}$ সাহায্যে উহাকে প্রমাণ অবস্থায় পরিবর্তিত করিতে হইবে।

3. প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় প্রতি 1 গ্রাম অণুর (মোল) আয়তন 22·4 লিটার হইবে। 22·4 লিটার গ্যাসকে 1 আয়তন ধরা হয়। কঠিন বা তরলের ক্ষেত্রে ইহা প্রযোজ্য নয়। উহাদের 0 আয়তন ধরা হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

1. 10 সি. সি. অ্যাসিটিলীনকে (C_2H_2) অক্সিজেন দ্বারা সম্পূর্ণভাবে জারিত করিতে কত সি.সি O_2 দরকার।

$$2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$$

2 আয়তন　　5 আয়তন

2 আয়তন C_2H_2-র জন্য 5 আয়তন O_2 দরকার ;

স্থতরাং 10 সি.সি. ,, $\frac{5}{2} \times 10 = 25$ সি.সি. অক্সিজেন দরকার।

2. 10 সি.সি. ইথিলীন (C_2H_4) গ্যাসকে 40 সি. সি. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ সাহায্যে জারিত করিলে অবশিষ্ট গ্যাস মিশ্রণের আয়তন কত হইবে? চাপ ও উষ্ণতা প্রমাণ অবস্থায় আছে।

$$C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$$

1 আয়তন　　3 আয়তন　　2 আয়তন　　জল

1 আয়তন ইথিলীন 3 আয়তন O_2-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া 2 আয়তন CO_2 উৎপন্ন করে।

∴ 10 সি. সি. ইথিলীন 30 সি. সি. O_2-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া 20 সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করে।

অতএব অবশিষ্টরূপে গ্যাস মিশ্রণটিতে CO_2 20 সি. সি. এবং $O_2 = (40 - 30) =$ 10 সি. সি. থাকিবে।

3. 10 সি. সি. N_2 ও O_2 একটি মিশ্রণের সহিত 20 সি. সি. H_2 মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করিলে জারণ শেষে গ্যাসের আয়তন 21 সি. সি. হইল। গ্যাসের আয়তন প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে মাপা হইল। মিশ্রণের উপাদান গ্যাস দুইটির আয়তন কত?

N_2 ও O_2-এর মিশ্রণের আয়তন = 10 সি. সি.

মিশ্রিত H_2-এর আয়তন = 20 সি. সি.

জারণ শেষে মিশ্রণের আয়তন = 21 সি. সি.

∴ সংকোচন = $(10 + 20 - 21) = 9$ সি. সি.

H_2 ও O_2 যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করার জন্যই এই সংকোচন ঘটিয়াছে।

এখন, $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ (জল)

2 আয়তন 1 আয়তন 0 আয়তন সংকোচন=3 আয়তন।

সংকোচনের $\frac{1}{3}$ = O_2-এর আয়তন, অতএব মিশ্রণটিতে বর্তমান O_2-এর আয়তন $=\frac{1}{3}\times 9=3$ সি. সি. এবং N_2-এর আয়তন $=10-3=7$ সি. সি.।

গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ধারণ

(Determination of the molecular formula of a gas)

হাইড্রোকার্বন (Hydrocarbon) জাতীয় গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ধারণ করিতে হইলে প্রথমতঃ গ্যাসটির একটি নির্দিষ্ট আয়তনকে একটি ইউডিয়োমিটার যন্ত্রে সংগ্রহ করিয়া উহার সহিত অতিরিক্ত মাত্রার অক্সিজেন মিশ্রিত করা হয় ও পরে ঐ মিশ্র প্রজ্জালন করিয়া ক্রমান্বয়ে যে সংকোচন ঘটিতে থাকে তাহা লিপিবদ্ধ করা হয়; ফলাফলগুলি হইতে হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত নির্ধারণ করা যায়।

এস্থলে, তিন প্রকার বিভিন্ন অবস্থায় হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত নির্ধারণের প্রণালী আলোচিত হইতেছে।

(ক) যে ক্ষেত্রে মিশ্রিত অক্সিজেনের ও সংকোচনের উভয়েরই আয়তম জানা আছে।

(খ) যে ক্ষেত্রে মিশ্রিত অক্সিজেনের আয়তন এবং হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব জানা নাই, কিন্তু সংকোচনগুলির আয়তন জানা আছে।

(গ) যে ক্ষেত্রে মিশ্রিত O_2-এর আয়তন জানা নাই কিন্তু প্রথম সংকোচনের আয়তন ও হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব জানা আছে।

(ক) **যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন জানা আছে ঃ**

10 সি. সি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সহিত 33 সি. সি. O_2 মিশাইয়া মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটান হইল। শীতল করিবার পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন 28 সি. সি. হইল। KOH-র সংস্পর্শে আয়তন 8 সি. সি.-তে হ্রাস পাইল। হাইড্রোকার্বনের সংকেত বাহির কর।

সমাধান ঃ এস্থলে, প্রথম সংকোচন $=10+33-28=15$ সি. সি.

দ্বিতীয় সংকোচন $=28-8=20$ সি. সি. = উৎপন্ন CO_2 এর পরিমাণ এবং অব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = 8 সি. সি.

∴ ব্যবহৃত ,, ,, $=33-8=25$ সি. সি.

এখন CO_2-এ উহার সম আয়তন অক্সিজেন থাকে।

∴ 20 সি. সি. CO_2-এ অক্সিজেনের পরিমাণ = 20 সি. সি.

3. প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় প্রতি 1 গ্রাম অণুর (মোল) আয়তন 22·4 লিটার হইবে। 22·4 লিটার গ্যাসকে 1 আয়তন ধরা হয়। কঠিন বা তরলের ক্ষেত্রে ইহা প্রযোজ্য নয়। উহাদের 0 আয়তন ধরা হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

1. 10 সি. সি. অ্যাসিটিলীনকে (C_2H_2) অক্সিজেন দ্বারা সম্পূর্ণভাবে জারিত করিতে কত সি.সি O_2 দরকার।

$$2C_2H_2 + 5O_2 = 4CO_2 + 2H_2O$$

2 আয়তন   5 আয়তন

2 আয়তন C_2H_2-র জন্য 5 আয়তন O_2 দরকার ;

সুতরাং 10 সি.সি. ,, $\frac{5}{2} \times 10 = 25$ সি.সি. অক্সিজেন দরকার।

2. 10 সি.সি. ইথিলীন (C_2H_4) গ্যাসকে 40 সি. সি. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফূলিঙ্গ সাহায্যে জারিত করিলে অবশিষ্ট গ্যাস মিশ্রণের আয়তন কত হইবে ? চাপ ও উষ্ণতা প্রমাণ অবস্থায় আছে।

$$C_2H_4 + 3O_2 = 2CO_2 + 2H_2O$$

1 আয়তন   3 আয়তন   2 আয়তন   জল

1 আয়তন ইথিলীন 3 আয়তন O_2-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া 2 আয়তন CO_2 উৎপন্ন করে।

∴ 10 সি. সি. ইথিলীন 30 সি. সি. O_2-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া 20 সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করে।

অতএব অবশিষ্টরূপে গ্যাস মিশ্রণটিতে CO_2 20 সি. সি. এবং $O_2 = (40 - 30) =$ 10 সি. সি. থাকিবে।

3. 10 সি. সি. N_2 ও O_2 একটি মিশ্রণের সহিত 20 সি. সি. H_2 মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করিলে জারণ শেষে গ্যাসের আয়তন 21 সি. সি. হইল। গ্যাসের আয়তন প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে মাপা হইল। মিশ্রণের উপাদান গ্যাস দুইটির আয়তন কত ?

N_2 ও O_2-এর মিশ্রণের আয়তন = 10 সি. সি.

মিশ্রিত H_2-এর আয়তন = 20 সি. সি.

জারণ শেষে মিশ্রণের আয়তন = 21 সি. সি.

∴ সংকোচন = (10 + 20 − 21) = 9 সি. সি.

H_2 ও O_2 যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করার জন্যই এই সংকোচন ঘটিয়াছে।

এখন, $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ (জল)

2 আয়তন 1 আয়তন 0 আয়তন সংকোচন = 3 আয়তন।

সংকোচনের $\frac{1}{3}$ = O_2-এর আয়তন, অতএব মিশ্রণটিতে বর্তমান O_2-এর আয়তন $=\frac{1}{3}\times 9=3$ সি. সি. এবং N_2-এর আয়তন $=10-3=7$ সি. সি.।

গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ধারণ

(Determination of the molecular formula of a gas)

হাইড্রোকার্বন (Hydrocarbon) জাতীয় গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ধারণ করিতে হইলে প্রথমতঃ গ্যাসটির একটি নির্দিষ্ট আয়তনকে একটি ইউডিয়োমিটার যন্ত্রে সংগ্রহ করিয়া উহার সহিত অতিরিক্ত মাত্রার অক্সিজেন মিশ্রিত করা হয় ও পরে ঐ মিশ্র প্রজ্বালন করিয়া ক্রমান্বয়ে যে সংকোচন ঘটিতে থাকে তাহা লিপিবদ্ধ করা হয়; ফলাফলগুলি হইতে হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত নির্ধারণ করা যায়।

এস্থলে, তিন প্রকার বিভিন্ন অবস্থায় হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত নির্ধারণের প্রণালী আলোচিত হইতেছে।

(ক) যে ক্ষেত্রে মিশ্রিত অক্সিজেনের ও সংকোচনের উভয়েরই আয়তম জানা আছে।

(খ) যে ক্ষেত্রে মিশ্রিত অক্সিজেনের আয়তন এবং হাইড্রো-কার্বনের ঘনত্ব জানা নাই, কিন্তু সংকোচনগুলির আয়তন জানা আছে।

(গ) যে ক্ষেত্রে মিশ্রিত O_2-এর আয়তন জানা নাই কিন্তু প্রথম সংকোচনের আয়তন ও হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব জানা আছে।

(ক) যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন জানা আছে :

10 সি. সি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সহিত 33 সি. সি. O_2 মিশাইয়া মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটান হইল। শীতল করিবার পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন 28 সি. সি. হইল। KOH-র সংস্পর্শে আয়তন 8 সি. সি.-তে হ্রাস পাইল। হাইড্রোকার্বনের সংকেত বাহির কর।

সমাধান : এস্থলে, প্রথম সংকোচন $=10+33-28=15$ সি. সি.

দ্বিতীয় সংকোচন $=28-8=20$ সি. সি. = উৎপন্ন CO_2 এর পরিমাণ এবং

অব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = 8 সি. সি.

∴ ব্যবহৃত " " $=33-8=25$ সি. সি.

এখন CO_2-এ উহার সম আয়তন অক্সিজেন থাকে।

∴ 20 সি. সি. CO_2-এ অক্সিজেনের পরিমাণ = 20 সি. সি.

3. প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় প্রতি 1 গ্রাম অণুর (মোল) আয়তন 22·4 লিটার হইবে। 22·4 লিটার গ্যাসকে 1 আয়তন ধরা হয়। কঠিন বা তরলের ক্ষেত্রে ইহা প্রযোজ্য নয়। উহাদের 0 আয়তন ধরা হয়।

গাণিতিক উদাহরণ

1. 10 সি. সি. অ্যাসিটিলীনকে (C_2H_2) অক্সিজেন দ্বারা সম্পূর্ণভাবে জারিত করিতে কত সি.সি O_2 দরকার।

$$2C_2H_2 \ + \ 5O_2 \ = \ 4CO_2 + 2H_2O$$

2 আয়তন 5 আয়তন

2 আয়তন C_2H_2-র জন্য 5 আয়তন O_2 দরকার ;

সুতরাং 10 সি.সি. ,, $\frac{5}{2} \times 10 = 25$ সি.সি. অক্সিজেন দরকার।

2. 10 সি.সি. ইথিলীন (C_2H_4) গ্যাসকে 40 সি. সি. অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ সাহায্যে জারিত করিলে অবশিষ্ট গ্যাস মিশ্রণের আয়তন কত হইবে ? চাপ ও উষ্ণতা প্রমাণ অবস্থায় আছে।

$$C_2H_4 \ + \ 3O_2 \ = \ 2CO_2 \ + \ 2H_2O$$

1 আয়তন 3 আয়তন 2 আয়তন জল

1 আয়তন ইথিলীন 3 আয়তন O_2-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া 2 আয়তন CO_2 উৎপন্ন করে।

∴ 10 সি. সি. ইথিলীন 30 সি. সি. O_2-এর সঙ্গে যুক্ত হইয়া 20 সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করে।

অতএব অবশিষ্টরূপে গ্যাস মিশ্রণটিতে CO_2 20 সি. সি. এবং $O_2 = (40 - 30) =$ 10 সি. সি. থাকিবে।

3. 10 সি. সি. N_2 ও O_2 একটি মিশ্রণের সহিত 20 সি. সি. H_2 মিশ্রিত করিয়া বিদ্যুৎস্ফুলিঙ্গ দ্বারা জারিত করিলে জারণ শেষে গ্যাসের আয়তন 21 সি. সি. হইল। গ্যাসের আয়তন প্রমাণ তাপমাত্রা ও চাপে মাপা হইল। মিশ্রণের উপাদান গ্যাস দুইটির আয়তন কত ?

N_2 ও O_2-এর মিশ্রণের আয়তন = 10 সি. সি.

মিশ্রিত H_2-এর আয়তন = 20 সি. সি.

জারণ শেষে মিশ্রণের আয়তন = 21 সি. সি.

∴ সংকোচন = (10 + 20 − 21) = 9 সি. সি.

H_2 ও O_2 যুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করার জন্যই এই সংকোচন ঘটিয়াছে।

এখন, $2H_2 + O_2 = 2H_2O$ (জল)

2 আয়তন 1 আয়তন 0 আয়তন সংকোচন = 3 আয়তন।

সংকোচনের $\frac{1}{3}$ = O_2-এর আয়তন, অতএব মিশ্রণটিতে বর্তমান O_2-এর আয়তন $= \frac{1}{3} \times 9 = 3$ সি. সি. এবং N_2-এর আয়তন $= 10 - 3 = 7$ সি. সি.।

গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ধারণ

(Determination of the molecular formula of a gas)

হাইড্রোকার্বন (Hydrocarbon) জাতীয় গ্যাসের আণবিক সংকেত নির্ধারণ করিতে হইলে প্রথমতঃ গ্যাসটির একটি নির্দিষ্ট আয়তনকে একটি ইউডিয়োমিটার যন্ত্রে সংগ্রহ করিয়া উহার সহিত অতিরিক্ত মাত্রার অক্সিজেন মিশ্রিত করা হয় ও পরে ঐ মিশ্র প্রজ্বালন করিয়া ক্রমান্বয়ে যে সংকোচন ঘটিতে থাকে তাহা লিপিবদ্ধ করা হয় ; ফলাফলগুলি হইতে হাইড্রোকার্বনটির আণবিক সংকেত নির্ধারণ করা যায়।

এস্থলে, তিন প্রকার বিভিন্ন অবস্থায় হাইড্রোকার্বনের আণবিক সংকেত নির্ধারণের প্রণালী আলোচিত হইতেছে।

(ক) যে ক্ষেত্রে মিশ্রিত অক্সিজেনের ও সংকোচনের উভয়েরই আয়তম জানা আছে।

(খ) যে ক্ষেত্রে মিশ্রিত অক্সিজেনের আয়তন এবং হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব জানা নাই, কিন্তু সংকোচনগুলির আয়তন জানা আছে।

(গ) যে ক্ষেত্রে মিশ্রিত O_2-এর আয়তন জানা নাই কিন্তু প্রথম সংকোচনের আয়তন ও হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব জানা আছে।

(ক) যুক্ত অক্সিজেনের আয়তন জানা আছে ঃ

10 সি. সি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সহিত 33 সি. সি. O_2 মিশাইয়া মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটান হইল। শীতল করিবার পর অবশিষ্ট গ্যাসের আয়তন 28 সি. সি. হইল। KOH-র সংস্পর্শে আয়তন 8 সি. সি.-তে হ্রাস পাইল। হাইড্রোকার্বনের সংকেত বাহির কর।

সমাধান ঃ এস্থলে, প্রথম সংকোচন $= 10 + 33 - 28 = 15$ সি. সি.

দ্বিতীয় সংকোচন $= 28 - 8 = 20$ সি. সি. = উৎপন্ন CO_2 এর পরিমাণ এবং অব্যবহৃত অক্সিজেনের আয়তন = 8 সি. সি.

∴ ব্যবহৃত ,, ,, $= 33 - 8 = 25$ সি. সি.

এখন CO_2-এ উহার সম আয়তন অক্সিজেন থাকে।

∴ 20 সি. সি. CO_2-এ অক্সিজেনের পরিমাণ = 20 সি. সি.

অতএব, হাইড্রোকার্বনের মধ্যের হাইড্রোজেন অংশের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ $= 25 - 20 = 5$ সি. সি.

আবার অক্সিজেন উহার দ্বিগুণ আয়তন হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া করে।

$\therefore$ 5 সি. সি. অক্সিজেন 10 সি. সি. হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়াছে, ঐ 10 সি. সি. H_2 অবশ্যই 10 সি. সি. হাইড্রোকার্বন হইতে আসিয়াছে।

অর্থাৎ, 10 সি. সি. গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনটির মধ্যে, 10 সি. সি. হাইড্রোজেন আছে, এবং ঐ পরিমাণ হাইড্রোকার্বন 20 সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করে।

বা, 1 আয়তন হাইড্রোকার্বনে, 1 আয়তন হাইড্রোজেন আছে, ও উহা প্রজ্বালনকালে 2 আয়তন CO_2 উৎপন্ন করে।

বা, 1 অণু হাইড্রোকার্বনে 1 অণু হাইড্রোজেন আছে ও উহা 2 অণু CO_2 উৎপন্ন করে (অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের প্রয়োগ)।

বা, 1 অণু হাইড্রোকার্বনে, 2টি হাইড্রোজেন পরমাণু আছে ও 2টি কার্বন পরমাণু আছে (কারণ হাইড্রোজেনের অণু দ্বিপরমাণুক ও CO_2-এর প্রতিটি অণুতে 1টি করিয়া কার্বন পরমাণু থাকে)।

অতএব, গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনটির নির্ণেয় সংকেত $= C_2H_2$

(খ) মিশ্রিত অক্সিজেনের আয়তন জানা নাই :

এই প্রণালীতে সমাধান করিতে হইলে, নিম্নের সূত্রগুলি স্মরণীয় :—

(1) **প্রথমতঃ** ধরা যাক্ হাইড্রোকার্বনটির সংকেত $= CxHy$

(2) ঐ হাইড্রোকার্বনটি অতিরিক্ত মাত্রায় অক্সিজেনের সহিত যোগ করিয়া প্রজ্বালন করিলে উহার প্রতিটি অণু হইতে, x অণু CO_2, $y \div 2$ অণু জল উৎপন্ন করে।

(3) ঐ হাইড্রোকার্বনের 1টি অণুর সম্পূর্ণ প্রজ্বালনের জন্য প্রয়োজনীয় অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা $\left(2x+\frac{y}{2}\right)$ বা, অক্সিজেন অণুর সংখ্যা $= x+\frac{y}{4}$

(4) অক্সিজেনের সহিত যে প্রজ্বালন ঘটে, উহার সমীকরণ,

$$CxHy+\left(x+\frac{y}{4}\right)O_2 = xCO_2+\frac{y}{2}H_2O.$$

2. 20 সি. সি. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সহিত অতিরিক্ত O_2 মিশাইয়া উহাকে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ সাহায্যে সম্পূর্ণরূপে জারিত করিয়া দেখা গেল যে আয়তন 40 সি. সি. হ্রাস পাইল। কষ্টিক পটাসের সংস্পর্শে আরও 40 সি. সি. আয়তনের সংকোচন ঘটিল। হাইড্রোকার্বনের সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান:—ধরা যাক হাইড্রোকার্বনটির সংকেত—$CxHy$

অক্সিজেনের সহিত হাইড্রোকার্বনটির প্রজ্বালন নিম্নরূপে ঘটিবে,

$$C_xH_y+\left(x+\frac{y}{4}\right)O_2=xCO_2+\frac{y}{2}H_2O$$

এখন, KOH-এর সহিত উৎপন্ন সংকোচন = উৎপন্ন CO_2-এর আয়তন।

∴ 20 সি. সি. হাইড্রোকার্বন 40 সি. সি. CO_2 উৎপন্ন করে ;

বা, 1 আয়তন " 2 আয়তন " " "

বা, 1 অণু C_xH_y, 2 অণু CO_2 উৎপন্ন করে।

কিন্তু প্রতি CO_2-এর অণুতে, 1টি করিয়া পরমাণু থাকে। অতএব, $x=2$

সুতরাং পূর্বের সমীকরণটিকে এখন নিম্নরূপে লেখা যায়—

$$C_2H_y+\left(2+\frac{y}{4}\right)O_2=2CO_2+\frac{y}{2}H_2O$$

যেহেতু, 1 অণু C_2H_y, $\left(2+\frac{y}{4}\right)$ অণু অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়া করে

∴ 20 সি. সি. C_2H $20\times y$, $\left(2+\frac{y}{4}\right)$ সি. সি. " " "

$$\therefore\quad 20+20\left(2+\frac{y}{4}\right)=40+40$$

বা, $20\left(2+\frac{y}{4}\right)=60$; বা, $y=4$

অর্থাৎ, হাইড্রোকার্বনটির সংকেত = C_2H_4 ; হাইড্রোকার্বনটি ইথিলীন **(Ethylene)**।

৪. 20 সি.সি. একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বন অক্সিজেনের সহিত মিশাইয়া বিস্ফোরণের পর দেখা গেল যে আয়তন 60 সি. সি. হ্রাস পাইল। হাইড্রোকার্বনের ঘনত্ব 22, উহার সংকেত নির্ণয় কর।

সমাধান :—ধরা যাক্ হাইড্রোকার্বনের সংকেত = $CxHy$

কেবলমাত্র H_2-এর সহিত যুক্ত O_2-এর আয়তন = 60 − 20 = 40 সি. সি.

কেবলমাত্র ... বর্তমান H_2-র আয়তন = 80 সি. সি.

∴ 20 সি. সি. CxHy-এর মধ্যে বর্তমান H_2-র আয়তন = 80 সি. সি.

অর্থাৎ, 1 আয়তন হাইড্রোকার্বনে 4 আয়তন হাইড্রোজেন আছে ;

বা, n অণু হাইড্রোকার্বনে $4\times n$ অণু হাইড্রোজেন আছে।

∴ হাইড্রোকার্বনটির সংকেত = C_xH_8।

এখন যেহেতু গ্যাসটির ঘনত্ব, 22, উহার আণবিক ভার = 44

∴ $12x+8=44$ বা, $x=3$. অতএব, CxHy-এর সংকেত C_3H_8।

4. উত্তপ্ত কপারের উপর দিয়া প্রবাহিত করিয়া 25 সি.সি. নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড হইতে 12·5 সি. সি. নাইট্রোজেন গ্যাস পাওয়া যায়। গ্যাসটির ঘনত্ব 154°C-এ 23 হইলে উহার সংকেত নির্ণয় কর।

ধরা যাক, নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইডের সংকেত $= NxOy$

25 সিসি গ্যাসটির মধ্যে 12·5 সিসি নাইট্রোজেন আছে।

2 আয়তন " 1 আয়তন " "

$2x$ অণুর " x অণু " (অ্যাভোগাড্রো)

2 অণুর " 1 অণু বা 2 পরমাণু "

স্থতরাং $x=1$ এবং গ্যাসটির সংকেত NOy

গ্যাসটির ঘনত্ব (154°C উষ্ণতায়) = 23.

∴ গ্যাসটির আণবিক ভার $= 2 \times 23 = 46$;

অর্থাৎ, $14 + y \times 16 = 46$; বা, $y = 2$

অতএব নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডের সংকেত $= NO_2$.

5. নীচের উপাত্ত হইতে নাইট্রাস অক্সাইডের সংকেত নির্ণয় কর :

(i) গ্যাসের আয়তন = 10 সি. সি. ; (ii) H_2 মিশ্রিত করিবার পর আয়তন = 28 সি. সি. ; (iii) বিস্ফোরণের পর আয়তন = 18 সি. সি. (iv) O_2 মিশ্রিত করিবার পর আয়তন = 27 সি. সি. ; (v) দ্বিতীয় বিস্ফোরণের পর আয়তন = 15 সি সি.। [আয়তন সবই প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায়]

নাইট্রাস অক্সাইড $+ H_2 \rightarrow N_2 +$ জল ; অবশিষ্ট $H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$।

দ্বিতীয় সংকোচন ঘটে জল গঠনের জন্য। দ্বিতীয় সংকোচন $= 27 - 15 = 12$ সি.সি. ; 12 সি.সি. জল গঠনে 8 সিসি. H_2 ও 4 সি. সি. O_2 ব্যবহৃত হয়। $[2H_2 + O_2 = 2H_2O]$ মোট ব্যবহৃত O_2-এর আয়তন $= (27 - 18) = 9$ সি. সি.। এই 9 সি. সি. O_2-এর 4 সি. সি. জল তৈয়ারীর জন্য লাগিয়াছে। স্থতরাং O_2 বাকী থাকে $= (9 - 4) = 5$ সি.সি.

দ্বিতীয় পরীক্ষার পর যে 15 সি. সি. গ্যাস অবশিষ্ট রহিয়াছে তাহা N_2 ও O_2-এর মিশ্রণ ; উহাতে $O_2 = 5$ সি. সি.। N_2-র আয়তন $= 15 - 5 = 10$ সি. সি.। এখন প্রথম পরীক্ষায় $H_2 (28 - 10) = 18$ সি. সি. ; তন্মধ্যে 8 সি. সি. H_2 অবশিষ্ট থাকে। এই 8 সি.সি. H_2 দ্বিতীয় পরীক্ষায় ব্যবহৃত হইয়াছে। স্থতরাং প্রথম পরীক্ষায় ব্যবহৃত H_2-এর আয়তন $(18 - 8) = 10$ সি. সি.। অর্থাৎ 10 সি. সি. H_2 নাইট্রাস অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন ও জল উৎপন্ন করিয়াছে : 10 সি. সি. H_2-র জন্য প্রয়োজন 5 সি. সি. O_2

10 সি. সি. নাইট্রাস অক্সাইডে আছে 10 সি. সি. N_2 ও 5 সি. সি. O_2
1 সি. সি. " " " 1 সি. সি. N_2 ও $\frac{1}{2}$ সি সি O_2
1 অণু " " " 1 অণু বা 2টি পরমাণু N_2 ও $\frac{1}{2}$ অণু বা 1 পরমাণু O_2

অর্থাৎ নাইট্রাস অক্সাইডের এক অণুতে আছে 2টি N_2 পরমাণু ও 1টি O_2 পরমাণু অতএব নাইট্রাস অক্সাইডের সংকেত $= N_2O$.

অনুশীলনী

1. বাতাসে আয়তন হিসাবে অক্সিজেন 20% আছে। 100 লিটার SO_2 ও 50 সিসি CH_4-কে জারিত করিতে প্রমাণ চাপ ও উষ্ণতায় কত আয়তন বাতাস প্রয়োজন হইবে?
[250 লিটার ; 500 সিসি]

2. কোন কোলগ্যাসে 45% H_2, 30% CH_4, 20% CO, এবং 5% C_2H_2 আছে। 100 সিসি কোল গ্যাসের সহিত 160 সিসি O_2 মিশাইয়া বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ সাহায্যে জারিত করিলে বিক্রিয়া শেষে কি কি গ্যাস কত পরিমাণে থাকিবে এবং গ্যাসের মোট আয়তন কত হইবে?
[CO_2 = 60 সিসি . O_2 = 55 সিসি ; মোট আয়তন = 115 সিসি]

3. একটি ইউডিয়োমিটারে বারবার বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ দ্বারা 15 সিসি অ্যামোনিয়াকে সম্পূর্ণ রূপে বিয়োজিত করা হইল। অতঃপর উহার সহিত 40 সিসি O_2 গ্যাস মিশাইয়া মিশ্রণে বিস্ফোরণ ঘটান হইল। বিস্ফোরণের (i) পূর্বে ও (ii) পরে কি কি কি গ্যাস থাকে এবং উহাদের নিজনিজ আয়তন কত?
[(i) N_2 = 7·5 সিসি ; H_2 = 22·5 সিসি ; O_2 = 40 সিসি ;
(ii) N_2 = 7·5 সিসি ; O_2 = 28·75 সিসি]

4. CH_4, C_2H_4 ও C_2H_2-এর 20 সিসি একটি মিশ্রণকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করিতে 49 সিসি O_2-এর দরকার হইল এবং উহার ফলে 33 সিসি CO_2 উৎপন্ন হইল। মিশ্রণের উপাদানগুলির আয়তন কত ছিল?
[CH_4 = 7 সিসি ; C_2H_4 = 5 সিসি ; C_2H_2 = 8 সিসি]

5. H_2, CO, ও CH_4-এর 15 সিসি একটি মিশ্রণের জারণের জন্য 15 সিসি O_2 প্রয়োজন হইল এবং উৎপন্ন CO_2 15 সিসি পাওয়া গেল। মিশ্রণে উৎপাদনগুলি কি আয়তনে ছিল?
[প্রত্যেকটি গ্যাসের আয়তন 5 সিসি]

6. একটি গ্যাস মিশ্রণে 50% H_2, 40% CH_4 এবং 10% O_2 আছে। 27°C উষ্ণতা ও 750 মিমি চাপে মাপা 200 সিসি গ্যাস মিশ্রণকে সম্পূর্ণরূপে জারিত করিতে আরও কত আয়তন অক্সিজেন প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় প্রয়োজন?
[170·52 সিসি]

7. 20 সিসি একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনে অতিরিক্ত অক্সিজেন সহযোগে বিস্ফোরণ ঘটান হইল। বিস্ফোরণের ফলে 30 সিসি হ্রাস হইল। কস্টিক পটাশ সংস্পর্শে আরও 40 সিসি আয়তনের সংকোচন হইল। হাইড্রোকার্বনটির সংকেত নির্ণয় কর।
[C_2H_2]

8. 15 সিসি একটি গ্যাসীয় হাইড্রোকার্বনের সহিত 35 সিসি অক্সিজেন মিশাইয়া বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ্গ সাহায্যে সম্পূর্ণভাবে জারিত করিলে গ্যাসের আয়তন 20 সিসি হয়। হাইড্রোকার্বনের বাষ্প-ঘনত্ব 8 ; উহার আণবিক সংকেত নির্ণয় কর।
[CH_4]

ষষ্ঠ পরিচ্ছেদ

তুল্যাঙ্ক-ভার

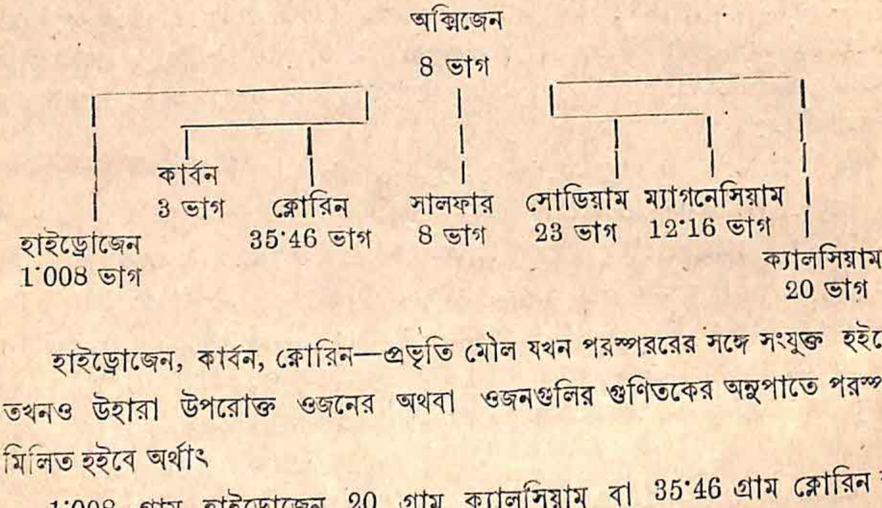
(Chemical equivalent)

তুল্যাঙ্ক-ভার, রাসায়নিক তুল্যাঙ্ক বা যোজন-ভার (Equivalent weight, chemical equivialent or eombining weight)

প্রত্যেক মৌলেরই নির্দিষ্ট যোজনভার আছে—তুল্যাঙ্ক অনুপাত-সূত্রের (Law of equivalent proportion) ইহা একটি প্রত্যক্ষ সিদ্ধান্ত।

অক্সিজেনের বিভিন্ন যৌগিক বিশ্লেষণ করিলে দেখা যায়,

8 গ্রাম অক্সিজেন, 1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন বা 3 গ্রাম কার্বন বা 20 গ্রাম ক্যালসিয়াম বা 35·46 গ্রাম ক্লোরিন বা 12·16 গ্রাম ম্যাগ্নেসিয়াম বা 23 গ্রাম সোডিয়াম বা 19 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হয়।



হাইড্রোজেন, কার্বন, ক্লোরিন—প্রভৃতি মৌল যখন পরস্পরের সঙ্গে সংযুক্ত হইবে, তখনও উহারা উপরোক্ত ওজনের অথবা ওজনগুলির গুণিতকের অনুপাতে পরস্পর মিলিত হইবে অর্থাৎ

1·008 গ্রাম হাইড্রোজেন 20 গ্রাম ক্যালসিয়াম বা 35·46 গ্রাম ক্লোরিন বা 3 গ্রাম কার্বনের সহিত যুক্ত হইবে।

20 গ্রাম ক্যালসিয়াম 35·46 গ্রাম ক্লোরিনের বা 19 গ্রাম ক্লোরিনের সহিত যুক্ত হইবে।

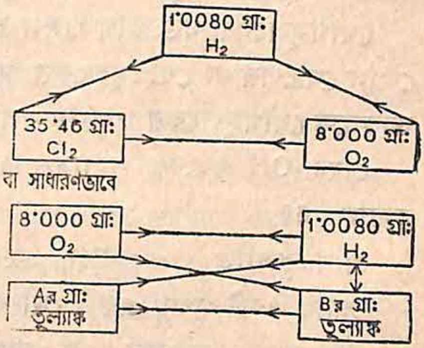
এবং 35·46 গ্রাম ক্লোরিন, 3 গ্রাম কার্বন বা 23 গ্রাম সোডিয়ানের সহিত যুক্ত হইবে।

অতএব বলা যাইতে পারে 23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম, 3 ভাগ ওজনের কার্বন, 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিন, 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন, 1·008 ভাগ ওজনের

হাইড্রোজেনের যোজন ক্ষমতা সমতুল্য। এই **সংখ্যাগুলিকে** এই সব মৌলগুলির **যোজম-ভার** (combining weight) বা **তুল্যাঙ্ক-ভার** (Equivalent weight) বলা হয়।

তুল্যাঙ্ক-ভারের সংজ্ঞা :

কোন মৌলিক পদার্থের যত ভাগ ওজন এক ভাগ ওজনের (সূক্ষ্ম বিচারে 1·008 ভাগ) হাইড্রোজেন বা 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন বা 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া কোন যৌগিক গঠন করে বা কোন যৌগিক হইতে ঐ পরিমাণ ওজনের হাইড্রোজেন (1·008 ভাগ ওজন), অক্সিজেন (8 ভাগ ওজন) বা ক্লোরিনকে (35·46 ভাগ ওজন) বিচ্যুত বা প্রতিস্থাপন করিয়া থাকে, তাহাকে সেই মৌলিক পদার্থের তুল্যাঙ্ক-ভার বা তুল্যাঙ্ক (Chemical equivalent or equivalent weight) **বলা হয়।**



চিত্র, ১৭

যেমন HCl যৌগে 1·008 ভাগ ওজনের H_2, 35·46 ভাগ ওজনের Cl_2-এর সহিত সংযুক্ত হইয়া 36·46 ভাগ ওজনের HCl উৎপন্ন করে। অতএব, ক্লোরিনের তুল্যাঙ্ক = 35·46।

আবার ম্যাগনেসিয়াম লঘু HCl-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস নির্গত করে : $2Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$

24·32 ভাগ ওজনের ম্যাগনেসিয়াম HCl হইতে 2 × 1·008 ভাগ ওজনের H_2 গ্যাসকে বিশ্লিষ্ট করে। সুতরাং 1·008 ভাগ ওজনের H_2-কে বিশ্লিষ্ট করে 12·16 ভাগ ওজনের ম্যাগনেসিয়াম।

∴ ম্যাগনেশিয়ামের তুল্যাঙ্ক = 12·16

মৌলের তুল্যাঙ্ক একটি আনুপাতিক সংখ্যাকে প্রকাশ করে।

$$\text{মৌলের তুল্যাঙ্ক,} = \frac{\text{মৌলের ওজন}}{\text{(মৌলের দ্বারা সংযুক্ত বা বিচ্যুত) হাইড্রোজেরের ওজন}} \times 1{\cdot}008$$

যৌগিকের তুল্যাঙ্ক (Equivalent weight of a compound) **:**

যৌগিকের যত ভাগ ওজনে 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন বা

অন্য কোন সক্রিয় মৌলের তুল্যাঙ্ক-ভার বর্তমান থাকে, তাহাকে যৌগিকের তুল্যাঙ্ক বলা হয়।

সোডিয়াম কার্বনেট (Na_2CO_3) যৌগিকের $(23\times2+12+16\times3)=106$ ভাগ ওজনে দুই তুল্যাঙ্ক ভার পরিমাণ সোডিয়াম ধাতু (সক্রিয় মৌল) বর্তমান। অতএব, 23 ভাগ ওজনের অর্থাৎ এক তুল্যাঙ্ক ভার সোডিয়াম যৌগিকের $\frac{106}{2}=53$ ভাগ ওজনে বর্তমান। $\therefore$ যৌগিকের তুল্যাঙ্ক $=53$

যৌগমূলকের তুল্যাঙ্ক (Equivalent weight of a radical) :

যৌগমূলকের যত ভাগ ওজন 1·008 ওজনের হাইড্রোজেন বা অপর কোন মৌলের বা যৌগমূলকের তুল্যাঙ্ক-ভারের সহিত সংযুক্ত থাকে, তাহাকে যৌগমূলকের তুল্যাঙ্ক বলা হয়।

যেমন OH মূলকের তুল্যাঙ্ক $=17·008$, SO_4-এর তুল্যাঙ্ক $=48$, NO_3-এর তুল্যাঙ্ক $=62$

গ্রাম-তুল্যাঙ্ক (Gram-Equivalent) :

তুল্যাঙ্ক একটি সংখ্যা, **একটি মৌলের তুল্যাঙ্ক-ভার যত ঐ মৌলের তত গ্রাম ওজনকে মৌলের এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক-ভার বলে।** স্থূলভাবে বলা যায় তুল্যাঙ্ক-ভারকে গ্রামে প্রকাশ করিলে গ্রাম-তুল্যাঙ্ক পাওয়া যায়।

যেমন হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও ক্লোরিনের তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 1·003, 8 ও 35·46 কিন্তু উহাদের গ্রাম তুল্যাঙ্ক 1·008 গ্রাম, 8 গ্রাম ও 35·46 গ্রাম ইত্যাদি।

গ্রাম তুল্যাঙ্ক, গ্রাম পরমাণু, গ্রাম অণু বা মোল : (Gram-equivalent, gram atom, gram molecule or mole) :

গ্যাস	হাইড্রোজেন, H_2	অক্সিজেন, O_2	ক্লোরিন, Cl_2	অ্যামোনিয়া, NH_3
তু: ভা: গ্রাম-তুল্যাঙ্ক	1·0080 1·0080 গ্রাম	8 8 গ্রাম	35·46 35·46 গ্রাম	17 17 গ্রাম
পা: ভা: গ্রাম পরমাণু	1·0080 1 0080 গ্রাম	16 গ্রাম 16 গ্রাম	35·46 35·46 গ্রাম	
আ: ভা: গ্রাম অণু বা মোল	2·0160 2·0160 গ্রাম	32 32 গ্রাম	70·92 70·92 গ্রাম	17 17 গ্রাম

তুল্যাঙ্ক ভার (তু: ভা:), পারমাণবিক ভার, (পা: ভা:) আণবিক ভার, (আ: ভা:) ওজন সম্পর্কিত হইলেও উহাদের কোন একক নাই ; ইহারা বস্তুতঃ সংখ্যা বিশেষ।

কোন পদার্থের যত গ্রাম পদার্থটির তুল্যাঙ্ক, পারমাণবিক বা আণবিক ভরের সমান তাহাই পদার্থের যথাক্রমে গ্রাম তুল্যাঙ্ক, গ্রাম পরমাণু, গ্রাম অণু বা মোল।

তুল্যাঙ্কের হাইড্রোজেন একক (Hydrogen as the unit of chemical equivalents) :

পূর্বে 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনকে একক ধরিয়া অন্যান্য মৌলের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় করা হইত, কারণ অন্যান্য মৌল অপেক্ষা হাইড্রোজেনই ভারের ক্ষুদ্রতর অনুপাতে (Smaller proportion by weight) যুক্ত হয়। প্রকৃত পক্ষে হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্কই ক্ষুদ্রতম, কিন্তু অধুনা অক্সিজেনের আপেক্ষিকে তুল্যাঙ্ক নির্ধারণ করা হয়।

অক্সিজেনের আপেক্ষিকে তুল্যাঙ্ক নির্ধারণ :

হাইড্রোজেনের পরিবর্তে অক্সিজেনের আপেক্ষিকেই তুল্যাঙ্ক নির্ধারণ করা হয় ; কারণ, কোন কোন মৌল হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হয় না বা যৌগিক হইতে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে না, কিন্তু অক্সিজেনের সহিত তাহা করিয়া থাকে। অতএব অক্সিজেনের তুল্যাঙ্কের (৪ ভাগ ওজন) আপেক্ষিকে মৌলের তুল্যাঙ্ক নির্ধারিত হয়।

উদাহরণস্বরূপ, কপার হাইড্রোজেনের সহিত মিলিত হইয়া কোন হাইড্রাইড যৌগ গঠন করে না বা ম্যাগনেসিয়াম বা জিংকের মত কোন অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে না ; কিন্তু ইহা অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইয়া স্থায়ী অক্সাইড যৌগ গঠন করে। সুতরাং কপারের তুল্যাঙ্ক নির্ধারণের জন্য কত ভাগ ওজনের কপার ৪ ভাগ ওজনের অক্সিজেনেয় সহিত যুক্ত হয়, তাহা নির্ণয় করা হয় এবং সেই সংখ্যাই কপারের তুল্যাঙ্ক। এই মাপ অনুযায়ী (অক্সিজেনের আপেক্ষিকে) হাইড্রোজেনের তুল্যাঙ্ক = 1·008।

তুল্যাঙ্ক ভার, যোজ্যতা ও পারমাণবিক গুরুত্বের পারস্পরিক সম্পর্ক (Relation between Equivalent weight, Valency and atomic weight) :

ধরা যাক্, একটি মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব $= a$, তুল্যাঙ্ক $= e$, যোজ্যতা $= v$.

যেহেতু মৌলটির যোজ্যতা $= v$

v সংখ্যক হাইড্রোজেন পরমাণু মৌলটির 1টি পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়।

বা, হাইড্রোজেনের v ভাগ ওজন পরিমাণ মৌলটির a ভাগ ওজন পরিমাণের সহিত যুক্ত হয়।

বা, 1 ভাগ ওজন পরিমাণ মৌলটির $\frac{a}{v}$ ভাগ ওজন পরিমাণের সহিত যুক্ত হয়।

তুল্যাঙ্কের সংজ্ঞা হইতে, মৌলটির তুল্যাঙ্ক $= \frac{a}{v}$ বা, $\frac{a}{v} = e$ ($e =$ তুল্যাক)

বা, $a = e \times v$

অর্থাৎ, **পারমাণবিক গুরুত্ব = তুল্যাঙ্ক × যোজ্যতা।**

মৌলের তুল্যাঙ্ক ভার ধ্রুবক নহে ঃ

আমরা জানি,

$$\text{মৌলের তুল্যাঙ্ক ভার} = \frac{\text{মৌলের পাঃ ভাঃ}}{\text{মৌলের যোজ্যতা}} \text{ অর্থাৎ } e = \frac{a}{v}$$

মৌলের পাঃ ভাঃ ধ্রুবক, কাজেই $e \propto \frac{1}{v}$

অর্থাৎ মৌলের তুল্যাঙ্ক ভার উহার যোজ্যতার ব্যস্তানুপাতী অর্থাৎ যোজ্যতার বৃদ্ধি বা হ্রাস ঘটিলে তুল্যাঙ্ক ভারের হ্রাস বা বৃদ্ধি হয়।

কপারের পাঃ ভাঃ 63·5 ; উহার যোজ্যতা 1 বা 2 হইতে পারে। যেমন লাল বর্ণের কপার (I) অক্সাইডে Cu_2O, উহার যোজ্যতা 1, আর কালবর্ণের কপার (II) অক্সাইডে CuO, উহার যোজ্যতা 2

$$\therefore \text{ কপার (I) এর তুল্যাঙ্ক ভার} = \frac{63{\cdot}5}{1} = 63{\cdot}5$$

$$\text{এবং কপার (II) এর তুল্যাঙ্ক তার} = \frac{63{\cdot}5}{2} = 31{\cdot}75$$

ইহা এই ভাবেও চিন্তা করা যায় যে, যে কোন পরিবর্তনশীল যোজ্যতা সম্পন্ন মৌলের ক্ষেত্রে ইহা খাটে।

মৌলের তুল্যাঙ্ক সম্বন্ধীয় জ্ঞানের প্রয়োগ ঃ

মৌলের তুল্যাঙ্ক-সম্বন্ধীয় জ্ঞান নিম্নলিখিত ক্ষেত্রসমূহে প্রয়োগ করা যাইতে পারে।

(১) **মৌলসমূহের পারম ণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ** (Determination of the atomic weight of an element) :

মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব উহার তুল্যাঙ্কের সহিত বা তুল্যাঙ্কের কোন গুণিতকের সহিত সমান।

(২) **মৌলের যোজ্যতা নির্ধারণ** (Determination of the valency of the element) ঃ

মৌলের যোজ্যতা, তুল্যাঙ্ক ও পারমাণবিক গুরুত্বকে একটি অতি গুরুত্বপূর্ণ সূত্রের সাহায্যে প্রকাশ করা যায়। সূত্রটি,

মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব = উহার তুল্যাঙ্ক × যোজ্যতা। মৌলের যোজ্যতা = 1 হইলে উহার পারমাণবিক গুরুত্ব তুল্যাঙ্কের সমান, আর যোজ্যতা 2,3 ইত্যাদি হইলে, উহার পারমাণবিক গুরুত্ব তুল্যাঙ্কের গুণিতকের সমান। অপর পক্ষে,

মৌলের পারমাণবিক গুরুত্ব ও তুল্যাঙ্ক জানা থাকিলে উপরের সূত্রের প্রয়োগ করিয়া উহার যোজ্যতা নিরূপণ করা যায়।

(৩) দ্বি-মৌল যৌগিক পদার্থে নির্দিষ্ট তুল্যাঙ্কযুক্ত মৌলগুলির অনুপাত নির্ধারণঃ (Determination of the proportion of the elements having fixed equivalent weights in the Binary Compounds)

মৌলসমূহ উহাদের তুল্যাঙ্কের অনুপাতে পরস্পরের সহিত মিলিত হইয়া যৌগিক পদার্থ গঠন করে। ম্যাগনেসিয়াম ও ক্লোরিনের তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 12·16 ও 35·46—জানা থাকিলে ম্যাগনেসিয়াম ও ক্লোরিনের দ্বি মৌল যৌগিক—ম্যাগনেসিয়াম ক্লোরাইডে Mg ও Cl_2-র অনুপাত (ভার অনুপাতে) জানা যায়, যেহেতু 12·16 ভাগ ওজনের ম্যাগনেসিয়াম প্রতি 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত থাকে।

তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতি (Different methods of determination of equivalent weights) :

মৌলিক পদার্থের তুল্যাঙ্ক নির্ধারণের জন্য ভিন্ন ভিন্ন ক্ষেত্রে ভিন্ন ভিন্ন পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়।

(ক) ধাতুর তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ের পদ্ধতি :

১। অম্ল, ক্ষার বা জল হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিয়া ;

২। ধাতব মৌলকে উহার অক্সাইড যৌগিকে পরিণত করিয়া বা অক্সাইডকে ধাতব মৌলে বিজারণ করিয়া,

৩। ক্লোরাইড যৌগিকে পরিণত করিয়া,

৪। একটি ধাতুকে অপর একটি ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপন করিয়া,

৫। ফ্যারাডে সূত্র প্রয়োগ করিয়া তড়িৎ প্রণালী দ্বারা

৬। অম্ল ও ক্ষারের টাইট্রেশন (Titration) পদ্ধতি দ্বারা (অম্লমিতি ও ক্ষারমিতির অধ্যায়ে দ্রষ্টব্য)।

(খ) অধাতব মৌলের তুল্যাক নির্ণয়ের পদ্ধতি :

১। অধাতব মৌলের সহিত হাইড্রোজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগ করিয়া,

২। অধাতব মৌলকে অক্সাইড যৌগিকে পরিণত করিয়া,

৩। ক্লোরাইড যৌগিকে পরিবর্তন করিয়া।

(ক) ধাতুর তুল্যাঙ্ক নির্ণয় :

১। ধাতুদ্বারা অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন পদ্ধতি : (Replacement of Hydrogen from Acids by metals) :

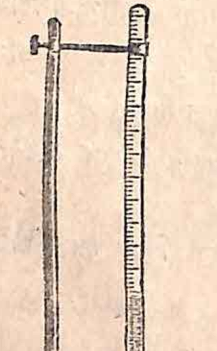
কোন কোন ধাতব মৌল অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস

উৎপন্ন করে। অ্যাসিড হইতে 1·008 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করিতে যত ভাগ ওজনের ধাতব মৌলের দরকার হইবে, তাহাই ধাতুটির তুল্যাঙ্ক হইবে।

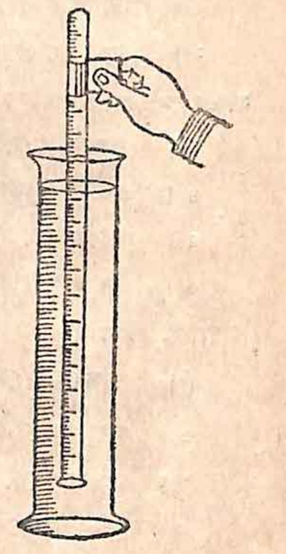
$$\text{মৌলের তুল্যাঙ্ক} = \frac{\text{মৌলের ওজন}}{\text{মৌলের দ্বারা প্রতিস্থাপিত হাইড্রোজেনের ওজন}}$$

জিংকের তুল্যাঙ্ক নির্ধারণ : To Find the equivalent wt of Zinc) :

প্রায় ·08 গ্রাম পরিমাণ বিশুদ্ধ জিংক ধাতু লইয়া, তুলার সাহায্যে উহার সঠিক ওজন প্রথমে স্থির করা হয় এবং জিংক ধাতুর টুকরাটিকে একটি ওয়াচ গ্লাসে (watch glass) লইয়া একটি জলপূর্ণ বীকারে স্থাপন করা হয়। জিংক-সমেত ওয়াচ গ্লাসটি ফানেল দ্বারা এমনভাবে ঢাকিয়া রাখা হয় যেন ফানেলের নলটি সম্পূর্ণভাবে জলের নীচে ডুবিয়া থাকে। এক মুখ বন্ধ একটি আংশাঙ্কিত (graduated) নল জলে পূর্ণ করিয়া ফানেলের উপর এমনভাবে উপুড় করিয়া দেওয়া হয় যেন ফানেলের নলটি (stem) অংশাঙ্কিত নলের মধ্যে সম্পূর্ণ ভাবে প্রবিষ্ট থাকে (চিত্র নং ১৮)। বীকারের জলে অতঃপর মৃদু গাঢ় (moderately conc.) সালফিউরিক অ্যাসিড ঢালিয়া দেওয়া হয়। এই অ্যাসিডটি আস্তে আস্তে ফানেলের ভিতর দিয়া জিংকের সংস্পর্শে আসে। জিংক ধাতুটি বিশুদ্ধ বলিয়া প্রথমে তেমন বিক্রিয়া হয় না ; সেইজন্য কয়েক ফোঁটা কপার সালফেট দ্রবণ বীকারের জলে সংযোগ করা হয়। রাসায়নিক বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন বুদ্‌বুদ্‌ আকারে উঠিয়া অংশাঙ্কিত নলে জমিতে থাকে। এইভাবে সমস্ত জিংক দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং উৎপন্ন সমস্ত হাইড্রোজেন, জলকে অপসারণ করিয়া উপরের নলে সঞ্চিত হয়। বিক্রিয়াশেষে অংশাঙ্কিত নলটির নিমজ্জিত



চিত্র, ১৮



চিত্র, ১৯

খোলা মুখটি বৃদ্ধাঙ্গলির দ্বারা সতর্কতার সহিত বন্ধ করিয়া (যাহাতে বাহিরের বাতাস ভিতরে ঢুকিতে না পারে) বীকার হইতে উঠাইয়া একটি দীর্ঘ জলপূর্ণ জারে (jar) স্থানান্তরিত করা হয়। নলটিকে এমনভাবে রাখা হয় যাহাতে ভিতরের ও বাহিরের

জল একই সমতলে থাকে অর্থাৎ হাইড্রোজেন গ্যাসকে তখনকার বায়ুচাপে আনা হয়। নলটিকে হাতে না ধরিয়া কাগজের সাহাজ্যে ধরা উচিত, কারণ হাত দিয়া ধরিলে হাতের উষ্ণতায় নলের ভিতরের আবদ্ধ গ্যাস প্রসারিত হইয়া যাইতে পারে (চিত্র নং ১৯)। এইরূপ অবস্থায় অংশাঙ্কিত নলে আবদ্ধ হাইড্রোজেন গ্যাসের আয়তন স্থির করিয়া লওয়া হয়। একটি থার্মোমিটারের সাহায্যে পরীক্ষাগারের উষ্ণতা ও ব্যারোমিটার হইতে সেই সময়কার বাচয়াপ জানিয়া লওয়া হয়।

গণনা : ধরা যাক্,

জিঙ্কের ওজন = W গ্রাম

উৎপন্ন হাইড্রোজেনের আয়তন = V সি. সি.

উষ্ণতা = t°C বায়ুচাপ = P মিলিমিটার এবং t°C উষ্ণতার জলীয় বাষ্পের চাপ = f মিলিমিটার।

উপরোক্ত পরীক্ষায় হাইড্রোজেন গ্যাসকে যেহেতু জলের উপর সংগৃহীত করা হইয়াছে, অতএব সংগৃহীত হাইড্রোজেন আর্দ্র এবং নলের বায়ুচাপ (P মি. মি.) হাইড্রোজেনের চাপ + t°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পচাপের (f মি. মি.) সমান। অর্থাৎ, P = হাইড্রোজেনের চাপ + f

অতএব অনার্দ্র হাইড্রোজেনের প্রকৃত চাপ = $P-f$ মি. মি.। অতএব লঘু সালফিউরিক অ্যাসিডে W গ্রাম জিংক দ্রবীভূত হইয়া t°C. উষ্ণতায় এবং $P-f$ মি. মি. চাপে V সি. সি. হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করিয়াছে। এক্ষণে V সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন নির্ণয় করা প্রয়োজন।

এই V সি. সি. হাইড্রোজেনের আয়তন যদি প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে V_1 সি. সি. হয়, তাহা হইলে বয়েল ও চার্লস সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{V_1 \times 760}{273} = \frac{V \times (P \quad f)}{273+t} \quad \therefore \quad V_1 = \frac{V(P-f) \times 273}{760 \times (t+273)} \text{ সি. সি.}$$

এবং এই V_1 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন $= \dfrac{V(P-f) \times 273}{760(t+273)} \times {}^{\cdot}00009$ গ্রাম

(কারণ প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 সি. সি হাইড্রোজেনের ওজন ·00009 গ্রাম)

$$\text{সুতরাং জিংকের তুল্যাঙ্ক} = \frac{\text{জিংকের ওজন}}{\text{উৎপন্ন হাইড্রোজেনের ওজন}} \times 1{\cdot}008$$

$$= \frac{W \times 760 \times (t+273)}{V(P-f) \times 273 \times {}^{\cdot}00009}$$

দ্রষ্টব্য : (i) উপরের পরীক্ষায় জিংকের সামান্য কিছু অংশ হাইড্রোজেন উৎপাদনের কাজে আসে না। উহা কপার সালফেটের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কিছুটা কপার ধাতু প্রতিস্থাপনে ব্যয়িত হয়। জিংক ধাতুকে প্লাটিনাম পাতের সংযোগে লঘু

সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণে নিমজ্জিত রাখিলে এই সামান্য ত্রুটি সংশোধন করা যায়। কপার সালফেট যোগ করার প্রয়োজন হয় না।

(ii) অংশাঙ্কিত গ্যাস নলটির গ্যাস ধারণ-ক্ষমতা যদি 50 সি.সি.-র অধিক না হয়, তবে জিংকের ওজন 0·1 গ্রাম পর্যন্ত হওয়া উচিত।

(iii) ম্যাগনেসিয়াম, আয়রন প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাঙ্ক জিংকের মত উপরোক্ত পদ্ধতির সাহায্যে নির্ধারণ করা যায়। সেইক্ষেত্রে জিংকের পরিবর্তে ম্যাগনেসিয়াম বা আয়রন ধাতু লইতে হয় এবং অংশাঙ্কিত গ্যাস নলটি লঘু H_2SO_4 দ্বারা পূর্ণ করিতে হয়। কপার সালফেট দ্রবণ সংযোগ করার প্রয়োজন হয় না। অ্যালুমিনিয়াম এবং টিন ধাতুর তুল্যাংক নির্ণয় কালে সালফিউরিক অ্যাসিডের পরিবর্তে লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড ব্যবহার করিতে হয়।

ধাতু দ্বারা ক্ষার হইতে হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত করিয়া তুল্যাঙ্ক নির্ধারণ:

অ্যালুমিনিয়াম, জিংক, টিন প্রভৃতি ধাতুর (যে সমস্ত ধাতু NaOH দ্রবণের সহিত উত্তপ্ত করিলে H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে) তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ের জন্য উহাদের নির্দিষ্ট ওজন NaOH দ্রবণে উত্তাপে সম্পূর্ণভাবে দ্রবীভূত করিয়া এবং পরে তদ্দারা উদ্ভূত হাইড্রোজেন সংগ্রহ এবং উহার আয়তন নির্ধারণ করিয়া লইতে হয়। গণনা পূর্ববৎ।

ধাতু দ্বারা জলের হাইড্রোজেনকে প্রতিস্থাপন করিয়া তুল্যাঙ্ক নির্ধারণ:

বিশুদ্ধ ক্যালসিয়াম ধাতুর নির্দিষ্ট ওজন লইয়া জলে দ্রবীভূত করিলে যে হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয় উহাকে পূর্বের ন্যায় সংগ্রহ এবং আয়তন নির্ণয় করিয়া ক্যালসিয়ামের আনুমানিক তুল্যাঙ্ক নির্ধারণ করিতে হয়। গণনা পূর্ববৎ।

উদাহরণ

(1) 164 গ্রাম কোন ধাতু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 31 সি. সি. হাইড্রোজেন পাওয়া গেল। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান: প্রমাণ উষ্ণতায় ও চাপে 31 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন,

$= 31 \times {}^{\cdot}00009$ গ্রাম $= 31 \times {}^{\cdot}00009 \times 1000$ মিলিগ্রাম

$= 31 \times {}^{\cdot}09$ মিলিগ্রাম।

সূত্রানুসারে ধাতুর তুল্যাঙ্ক $= \dfrac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}} \times 1{\cdot}008$

$$= \frac{164}{31 \times {}^{\cdot}09} \times 1{\cdot}008 = 58{\cdot}76$$

(২) 0·218 গ্রাম Mg ধাতু লঘু হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত করিয়া 17°C উষ্ণতায় এবং 754·5 মি. মি. চাপে জলের অপসারণ দ্বারা 218·2 সি. সি. হাইড্রোজেন পাওয়া গেল ; গ্রাম অ্যাটমের শর্তে সমীকরণের যথার্থতা বিচার কর ও Mg-র তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর। (17°C উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পের চাপ = 14·4 মি.মি.)

সমাধান ঃ অনার্দ্র হাইড্রোজেনের চাপ = 754·5 − 14·4 = 740·1 মি.মি.

17°C উষ্ণতায় ও 754·5 মি. মি. চাপে আর্দ্র হাইড্রোজেনের আয়তন = 218·2 সি. সি.

মনে করা গেল 17°C উষ্ণতায় এবং 740·1 মি. মি চাপে 218·2 সি. সি. হাইড্রোজেন প্রমাণ অবস্থায় V সি. সি. আয়তন অধিকার করে।

অতএব বয়েল ও চার্লস সূত্রানুযায়ী,

$$\frac{V \times 760}{273} = \frac{218{\cdot}2 \cdot 740{\cdot}1}{17+273}\text{ ; বা, } V = \frac{218{\cdot}2 \times 740{\cdot}1 \times 273}{290 \times 760} = 200 \text{ সি. সি.}$$

এবং ইহার ওজন = 200 × ·00009 গ্রাম = ·01800 গ্রাম অর্থাৎ ·01800 গ্রাম H_2, 0·218 গ্রাম Mg দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়াছে। অতএব H_2-র মোল সংখ্যা ও Mg-র পরমাণু সংখ্যা (H_2 ও Mg-র পরমাণুর ভার, 1·008 ও 24 ধরিলে),

$$= \frac{{\cdot}01800}{1{\cdot}008} \text{ ও } \frac{{\cdot}0218}{24} \text{ বা, } {\cdot}018 \text{ ও } {\cdot}009$$

উহাদের অনুপাত (গ্রাঃ পরমাণুর বিচারে) 2 : 1 অর্থাৎ 1টি Mg পরমাণু অ্যাসিড হইতে 2টি H_2 পরমাণু প্রতিস্থাপন করিয়াছে। সুতরাং বিক্রিয়ার সমীকরণটি,

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2$$

অতএব, ম্যাগনেশিয়ামের তুল্যাঙ্ক $= \frac{\text{ধাতুর ওজন}}{\text{হাইড্রোজেনের ওজন}} \times 1{\cdot}008$

$$= \frac{{\cdot}218}{200 \times {\cdot}00009} \times 1{\cdot}008 = 12{\cdot}24.$$

২। অক্সাইড-যৌগিকে পরিবর্তন পদ্ধতি ঃ

কোন কোন মৌল প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগে অক্সাইড গঠন করে। নির্দিষ্ট ওজনের মৌলের সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের পরিমাণ হইতে মৌলের তুল্যাঙ্কভার নির্ণয় করা যায়।

ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় ঃ [O_2-এর সহিত প্রত্যক্ষ সংযোগে]।

নির্দিষ্ট ওজনের একটুকরা বিশুদ্ধ ম্যাগনেসিয়ামের টুকরা একটি ওজন জানা মুচিতে লইয়া মুচিটিকে একটি ত্রিপদস্ট্যাণ্ডের অগ্নিসহ মৃত্তিকার ত্রিকোণে বসাইয়া অত্যন্ত

সতর্কতার সহিত বুনসেন দীপের জারক শিখায় তাপিত করা করা হয়। ম্যাগনেশিয়াম জ্বলিতে থাকে এবং উহা ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত হয়। Mg-র দহনের জন্য প্রয়োজনীয় O_2 যাহাতে স্বচ্ছন্দে প্রবেশ করিতে পারে অথচ কোন MgO বাতাসে উড়িয়া না যায়, সেজন্য মুচিটির ঢাকনিটি মাঝে মাঝে খোলা প্রয়োজন। দহন শেষে মুচিটিকে শোষকাধারে সম্পূর্ণ শীতল করিয়া পুনঃ ওজন করা হয়। যতক্ষণ না ওজন নিত্য (constant) হয়, ততক্ষণ মুচিটিকে উত্তপ্ত করা, শীতল করা ও ওজন করা ক্রমান্বয়ে করিতে হইবে।

গণনা :—মনে করা যাক্,

খালি মুচি+ঢাকনিটির ওজন $= w$ গ্রাম ; মুচি+ঢাকনি+ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= w_1$ গ্রাম $\therefore$ গৃহীত ম্যাগনেসিয়ামের ওজন $= w_1 - w$ গ্রাম

মুচি+ঢাকনি+ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের ওজন w_2 গ্রাম ;

$\therefore$ সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= w_2 - w_1$ গ্রাম

অর্থাৎ, $w_2 - w_1$ গ্রাম ওজনের অক্সিজেন $w_1 - w$ গ্রাম ওজন ম্যাগনেসিয়ামের সহিত সংযুক্ত হইয়াছে।

অতএব ৪ গ্রাম অক্সিজেন $\frac{(w_1 - w)8}{w_2 - w_1}$ গ্রাম ম্যাগনেসিয়ামের সহিত যুক্ত হয়।

সুতরাং ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক $= \frac{8 \times (w_1 - w)}{w_2 - w_1}$

বিঃ দ্রঃ—এই পদ্ধতিতে ম্যাগনেসিয়ামের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ণ নির্ভুল নহে কারণ উত্তাপকালে ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডের সূক্ষ্মকণার কিছু অংশ বাতাসে উড়িয়া গিয়া বিনষ্ট হওয়ার সম্ভাবনা আছে এবং সামান্য পরিমাণ ম্যাগনেসিয়াম অক্সাইডে পরিণত না হইয়া ম্যাগনেশিয়াম নাইট্রাইডে (Mg_3N_2) রূপান্তরিত হইয়া থাকে। প্রকৃত তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ণে এই পদ্ধতি কদাচিৎ ব্যবহৃত হয়, তবে ইহার একটি তাত্ত্বিক মূল্য আছে।

কোন কোন ধাতুকে প্রত্যক্ষভাবে অক্সিজেন সহযোগে অক্সাইডে পরিণত না করিয়া পরোক্ষভাবে উহাদের অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

কপারের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় (পরোক্ষভাবে অক্সাইড গঠন) :

নির্দিষ্ট ওজনের (0·5 গ্রামের বেশী নয়) বিশুদ্ধ কপার পাত একটি ওজন জানা পরিষ্কৃত পোর্সেলিন মুচিতে লইয়া উহাতে নাইট্রিক অ্যাসিড (4M) দেওয়া হয়। মুচিটি ত্রিপদস্ট্যাণ্ডের উপর স্থাপিত একটি অগ্নিসহ মৃত্তিকার ত্রিকোণের উপর রাখিয়া ধূম্র কক্ষে ধীরে ধীরে উত্তপ্ত করিলে কপার নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া

কপার নাইট্রেটে পরিণত হইয়া দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং লাল রংয়ের একটি গ্যাস NO_2 নিষ্ক্রান্ত হয়।

$$Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2NO_2+2H_2O$$

দ্রবণ-সমেত মুচিটিকে একটি উষ্ণ জলাধারের উপর রাখিয়া বিশেষ সতর্কতার সহিত বাষ্পীভবন করা হয় যাহাতে দ্রবণের কোন অংশ ছিটকাইয়া বিনষ্ট না হয়। সমস্ত নাইট্রিক অ্যাসিড এবং জল এইভাবে বাষ্পীভূত হইয়া দূরীভূত হয় এবং বাষ্পীভবন শেষে মুচিটির নীচে সবুজ কপার নাইট্রেট থাকিবে। এখন মুচিটিতে একটি অগ্নিসহ মৃত্তিকার ত্রিকোণের (fire-clay trangle) উপর রাখিয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে তীব্র উত্তপ্ত করা হয়। অত্যধিক উত্তাপে কপার নাইট্রেট বিয়োজিত হইয়া কাল কপার অক্সাইডে পরিণত হয় এবং O_2 ও N_2O_4 গ্যাস বাহির হইয়া যায়।

$$2Cu(NO_3)_2=2CuO+2N_2O_4+O_2$$

গ্যাস-নিষ্ক্রান্ত বন্ধ হইলে মুচিটিকে শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন লওয়া হয়। পুনরায় উহাকে উত্তপ্ত করিয়া এবং পরে শীতল করিয়া ওজন লওয়া হয়। যতক্ষণ না ওজন অপরিবর্তিত থাকিতেছে ততক্ষণ মুচিকে উত্তপ্ত করা, শীতল করা ও ওজন করা ক্রমান্বয়ে করিতে হয়।

গণনা :—ধরা যাক্

মুচি+ঢাকনির ওজন $=w$ গ্রাম ; মুচি+ঢাকনি+কপারের ওজন $=w_1$ গ্রাম $\therefore$ গৃহীত কপারের ওজন $=w_1-w$ গ্রাম ; মুচি+ঢাকনি+কপার অক্সাইডের ওজন $=w_2$ গ্রাম $\therefore$ সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $=w_2-w_1$ গ্রাম।

অর্থাৎ w_2-w_1 গ্রাম অক্সিজেন (w_1-w) গ্রাম কপারের সহিত সংযুক্ত হইয়াছে অতএব, 8 গ্রাম অক্সিজেন সংযুক্ত হইবে $\frac{8\times(w_1-w)}{w_2-w_1}$ গ্রাম কপারের সহিত।

অতএব কপারের তুল্যাঙ্ক $=\frac{8\times(w_1-w)}{w_2-w_1}$

টিন, লেড, ম্যাগনেসিয়াম প্রভৃতি ধাতুর তুল্যাঙ্ক এই প্রণালীতে নির্ণয় করা যায়।

অক্সাইড যৌগিককে হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারণ করিয়া ধাতুতে রূপান্তর : কপার, আয়রন ইত্যাদির তুল্যাঙ্ক ভার নিরূপণ :

কপার, আয়রন ইত্যাদি ধাতুর অক্সাইডকে হাইড্রোজেন গ্যাস প্রবাহে উত্তপ্ত করিলে উহা (অক্সাইড) বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়।

$$CuO+H_2=Cu+H_2O$$

কপার, আয়রন প্রভৃতি ধাতুর অক্সাইডের এক নির্দিষ্ট পরিমাণ একটি নলের ভিতর লইয়া উত্তাপে রক্ততপ্ত করা হয় এবং রক্ততপ্ত অবস্থায় উহাদের উপর দিয়া হাইড্রোজেন গ্যাস পরিচালনা করা হয়। ধাতব অক্সাইড হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া ধাতুতে পরিণত হয়। বিক্রিয়া-শেষে উহাকে ঠাণ্ডা করিয়া ধাতুর ওজন লওয়া হয়। ধাতব অক্সাইড ও ধাতুর ওজন হইতে ধাতুর তুল্যাঙ্ক নির্ধারণ করা যায়।

মনে করা যাক, আয়রন অক্সাইডের ওজন $= w$ গ্রাম।

(বিজারণ-শেষে) আয়রন ধাতুর ওজন $= w_1$ গ্রাম।

$\therefore$ আয়রনের সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের ওজন $= w - w_1$ গ্রাম। অর্থাৎ $w - w_1$ গ্রাম অক্সিজেন, w_1 গ্রাম আয়রনের সহিত সংযুক্ত হইয়াছে।

অতএব 8 গ্রাম অক্সিজেন $\frac{w_1 \times 8}{w - w_1}$ গ্রাম আয়রনের সহিত সংযুক্ত হয়।

$\therefore$ আয়রনের তুল্যাঙ্ক $= \frac{8 \times w_1}{w - w_1}$.

উদাহরণ

1. 1 গ্রাম কপার গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করা হইল এবং উৎপন্ন পদার্থটিকে খুব উত্তপ্ত করা হইলে 1·254 গ্রাম কপার-অক্সাইড পাওয়া গেল। গ্রাম অ্যাটমের পরিপ্রেক্ষিতে কপার অক্সাইডের সরল সংকেত ও কপারের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান : কপার অক্সাইডের ওজন = 1·254 গ্রাম

কপারের ওজন = 1 ,,

কপারের সহিত যুক্ত অক্সিজেনের ওজন = ·254 গ্রাম

এখন, ·254 গ্রাম অক্সিজেন 1 গ্রাম কপারের সহিত যুক্ত হইয়াছে।

8 গ্রাম অক্সিজেন $\frac{1 \times 8}{\cdot 254} = 31{\cdot}5$ গ্রাম Cu-র সঙ্গে যুক্ত হইয়াছে।

অতএব সংজ্ঞা অনুসারে কপারের তুল্যাঙ্ক 31·5।

O_2 ও Cu-এর পরমাণু ভার 16 ও 63·5 ধরিলে O_2 ও Cu পরমাণুর মোল সংখ্যা যথাক্রমে $\frac{\cdot 254}{16}$ ও $\frac{1}{63{\cdot}5}$ বা 0·0158 অর্থাৎ কপার অক্সাইডে Cu ও O_2-এর পরমাণু একই সংখ্যায় সংযুক্ত হইয়াছে ; অতএব কপার অক্সাইডের সরলতম সংকেত CuO

নিম্নে প্রদত্ত তথ্যসমূহ হইতে কপার এবং অক্সিজেনের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর :—

2. 1·58 গ্রাম উত্তপ্ত কপার অক্সাইডের মধ্য দিয়া শুষ্ক হাইড্রোজেন চালনা করা

হইল। হাইড্রোজেন চালনা করিবার ফলে যে জল উৎপন্ন হইল উহার ওজন 0·36 গ্রাম। পরীক্ষা শেষে যে কপার অবশিষ্ট রহিল উহার ওজন 1·26 গ্রাম।

সমাধান ঃ কপার অক্সাইডের ওজন = 1·58 গ্রাম

কপারের ওজন = 1·26 „

অতএব অক্সিজেনের ওজন = ·32 গ্রাম

আবার উৎপন্ন জলের ওজন = ·36 গ্রাম

কিন্তু অক্সিজেনের ওজন = ·32 গ্রাম

∴ হাইড্রোজেনের ওজন = ·04 গ্রাম

অতএব ·04 গ্রাম হাইড্রোজেন ·32 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়াছে।

1 „ „ $\frac{\cdot 32}{\cdot 04} = 8$ গ্রাম „ „ „ „

সুতরাং অক্সিজেনের তুল্যাঙ্ক = 8

আবার ·32 গ্রাম অক্সিজেন 1·26 গ্রাম কপারের সহিত সংযুক্ত হইয়াছে।

8 „ „ $\frac{1 \cdot 26 \times 8}{\cdot 32} = 31 \cdot 5$ গ্রাম „ „

∴ কপারের তুল্যাঙ্ক 31·5

3. একটি ধাতব কার্বনেটের 4·215 গ্রাঃ উত্তাপে বিযোজিত হইয়া 27°C ও 700 মি.মি. চাপে 1336 সিসি CO_2 উৎপন্ন করে। ধাতুর তুল্যাঙ্ক ভার কত ?

CO_2 এর ওজন $(g) = \frac{PVM}{RT} =$ (গ্যাসীয় সমীকরণ $PV = \frac{gRT}{M}$)

$$= \frac{700}{760} \times \frac{1336}{1000} \times \frac{44}{0 \cdot 082 \times 300} = 2 \cdot 202 \text{ গ্রাঃ}$$

ধাতুর অক্সাইডের ওজন = (4·215 − 2·202) = 2·013 গ্রাঃ

[যেহেতু ধাতব কার্বনেট $\xrightarrow{\text{উত্তাপ}}$ ধাতব অক্সাইড + CO_2

উত্তাপে CO_3 মূলক $CO_3 \rightarrow \underset{44}{CO_2} + \underset{16}{O}$ এ পরিবর্তন হয়

এই অক্সিজেন ধাতুর সহযোগে অক্সাইড গঠন করে।

অক্সাইডে যুক্ত O_2 এর পরিমাণ $\frac{16 \times 2 \cdot 202}{44} = 0 \cdot 8007$ গ্রাঃ

অক্সাইডে ধাতুর পরিমাণ = 2·013 − ·8007 = 1·2123 গ্রাঃ

অতএব ধাতুর তুল্যাঙ্ক ভার $\frac{1 \cdot 2123 \times 8}{\cdot 8007} = 12 \cdot 1$

৩। ক্লোরাইড-যৌগিকে পরিবর্তন পদ্ধতি ঃ

ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া মৌলিক পদার্থটি যে ক্লোরাইড যৌগ সৃষ্টি করে, তাহা বিশ্লেষণ করিয়াও মৌলের তুল্যাঙ্ক নিরূপণ করা যায়। 35·46 ভাগ ওজনের ক্লোরিনের সহিত যত ভাগ ওজনে মৌলটি সংযুক্ত হয় তাহাই উহার তুল্যাঙ্ক।

সিলভারের তুল্যাংক নিরূপণ ঃ

একটি নির্দিষ্ট ওজনের বিশুদ্ধ সিলভার একটি পরিষ্কার বীকারে লইয়া উহাকে লঘু নাইট্রিক অ্যাসিডে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করা হয় এবং কিছু অতিরিক্ত HNO_3 যোগ করিয়া দ্রবণটিকে অম্লধর্মী করা হয়। সিলভার HNO_3-র সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়া করিয়া সিলভার নাইট্রেট যৌগে পরিণত হয়। দ্রবণটিকে উত্তাপে ফুটাইয়া উহাতে বিন্দু বিন্দু HCl অ্যাসিড দেওয়া হয়। $AgNO_3$ ও HCl-র বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য সিলভার ক্লোরাইড গঠিত হয়; AgCl বীকারের নীচে অধঃক্ষিপ্ত (precipitated) হয়। অধঃক্ষেপণ সম্পূর্ণ হইলে দ্রবণটিকে নিশ্চল রাখিয়া অধঃক্ষেপটিকে থিতাইয়া লওয়া হয়। অতঃপর একটি ওজন-করা (tared) ফিল্টার কাগজের সাহায্যে দ্রবণটিকে ছাঁকিয়া লওয়া হয় এবং ফিল্টার কাগজে রক্ষিত সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপটিকে প্রথমে অল্প HNO_3 সমেত জল দ্বারা ও HNO_3 অপসারণের জন্য পরে পরিস্রুত জল দ্বারা ধৌত করা হয়। ফিল্টার কাগজ সমেত অধঃক্ষেপটি বায়ু প্রকোষ্ঠে প্রথমে 100°C ও পরে 130°C-এ তাপিত করিয়া পরে শীতল করা হয় এবং পরিশেষে ওজন-নলে (weighing tube) ভরিয়া ওজন লওয়া হয়। যতক্ষণ না ওজন নিত্য হয় ততক্ষণ উত্তপ্ত করা, শীতল করা ও ওজন করা ক্রমান্বয়ে করিতে হয়।

গণনা ঃ ধরা যাক্,

গৃহীত সিলভারের ওজন $= a$ গ্রাম, উৎপন্ন সিলভার ক্লোরাইডের ওজন $= b$ গ্রাম

$\therefore$ ক্লোরিনের ওজন $= (b-a)$ গ্রাম।

$(b-a)$ গ্রাম ক্লোরিন a গ্রাম সিলভারের সহিত সংযুক্ত হইয়াছে।

35·46 ,, ,, $\dfrac{a \times 35{\cdot}46}{(b-a)}$,, যুক্ত হইয়াছে।

$\therefore$ সিলভারের তুল্যাঙ্ক $= \dfrac{a \times 35{\cdot}46}{(b-a)}$

সোডিয়াম বা পটাসিয়ামের তুল্যাঙ্ক (বিপরিবর্ত পদ্ধতি) ঃ

সোডিয়াম, পটাশিয়াম ইত্যাদি ধাতু অত্যন্ত সক্রিয় বলিয়া তুলার সাহায্যে উহাদের ওজন করা যায় না। নিম্নোক্ত উপায়ে তুল্যাঙ্ক নির্ধারণ করা যায়:—

নির্দিষ্ট ওজনের কিছুটা বিশুদ্ধ পটাশিয়াম ক্লোরাইড (বা সোডিয়াম ক্লোরাইড) লইয়া উহাকে পাতিত জলে সম্পূর্ণ দ্রবীভূত করা হয়। দ্রবণটিতে খানিকটা HNO_3 সংযোগে অম্লধর্মী করিয়া উহাতে ধীরে ধীরে সিলভার-নাইট্রেট দ্রবণ মিশান হয়। $AgNO_3$-র সহিত বিপরিবর্ত ক্রিয়ায় KCl অদ্রবণীয় সিলভার ক্লোরাইড সৃষ্টি করে।

$$AgNO_3 + KCl = AgCl + KNO_3$$

AgCl অধঃক্ষেপটি যাহাতে সংঘবদ্ধ হইয়া নীচে সহজেই জমিতে পারে, সেইজন্য দ্রবণটি যথাযথ আলোড়িত করা হয়। অধঃক্ষেপটি সম্পূর্ণ করিবার জন্য দ্রবণে পরে আরও $AgNO_3$ দেওয়া হয়। অতঃপর দ্রবণটিকে তাপিত করিয়া একটি ওজন-করা ফিল্টার কাগজের সাহায্যে ছাঁকিয়া লওয়া হয় এবং ফিল্টার কাগজে রক্ষিত AgCl-র অধঃক্ষেপটি পাতিত জল দ্বারা উত্তমরূপে ধৌত করা হয়। বিশেষ সাবধানের সহিত একটি বায়ু-প্রকোষ্ঠে আর্দ্র ফিল্টার কাগজটিকে (AgCl সহ) শুষ্ক করিয়া ও পরে শোষকাধারে শীতল করিয়া ওজন-নলে লইয়া ওজন করা হয়। ওজন নিত্য না হওয়া পর্যন্ত উত্তপ্ত করা, শীতল করা ও ওজন করা ক্রমান্বয়ে করিতে হয়।

গণনা : ধরা যাক,

গৃহীত KCl বা NaCl-র ওজন $= a$ গ্রাম ; AgCl + ফিল্টার কাগজের ওজন $= b$ গ্রাম ; ফিল্টার কাগজের ওজন $= c$ গ্রাম।

$\therefore$ AgCl-র ওজন $= (b - c)$ গ্রাম

$108 + 35{\cdot}46 = 143{\cdot}46$ গ্রাম AgCl-এ Cl_2-র পরিমাণ $35{\cdot}46$ গ্রাম

$(b - c)$,, ,, $\dfrac{35{\cdot}46(b-c)}{143{\cdot}46} = w$ গ্রাম (মনে করা যাক)।

$\therefore$ পটাশিয়াম বা সোডিয়ামের ওজন $= (a - w)$ গ্রাম।

অতএব w গ্রাম Cl_2, $(a - w)$ গ্রাম Na বা K-র সহিত সংযুক্ত হইয়াছে,

$35{\cdot}46$,, $\dfrac{(a-w) \times 35{\cdot}46}{w}$ গ্রাম ,, ,,

$$K \text{ বা } Na\text{-এর তুল্যাঙ্ক} = \frac{(a-w) \times 35{\cdot}46}{w}$$

উদাহরণ

1. $0{\cdot}5$ গ্রাম সোডিয়াকে শুষ্ক ক্লোরিন প্রবাহে উত্তপ্ত করা হইল। ধাতুটি সম্পূর্ণরূপে ক্লোরাইডে পরিণত হইবার পর উহার ওজন $1{\cdot}27$ গ্রাম হইল। সোডিয়ামের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান : সোডিয়াম ক্লোরাইডের ওজন $= 1{\cdot}27$ গ্রাম

গৃহীত সোডিয়ামের " $= {\cdot}5$ "

সংযুক্ত ক্লোরিনের " $= {\cdot}77$ "

${\cdot}77$ গ্রাম ক্লোরিন ${\cdot}5$ গ্রাম Na-র সহিত সংযুক্ত হয়

$35{\cdot}46$ " " $\dfrac{{\cdot}5 \times 35{\cdot}46}{{\cdot}77} = 23$ গ্রাম Na " "

অতএব সোডিয়ামের তুল্যাঙ্ক $= 23$

2. জিঙ্ক ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত মাত্রায় সিলভার নাইট্রেটের দ্রবণ যোগ করা হইল এবং $2{\cdot}110$ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ পাওয়া গেল। জিঙ্কের তুল্যাঙ্ক নির্ণয় কর।

সমাধান : সিলভার ও ক্লোরিনের তুল্যাঙ্ক যথাক্রমে 108 ও $35{\cdot}5$ অর্থাৎ 108 গ্রাম সিলভার $35{\cdot}5$ গ্রাম ক্লোরিনের সহিত সংযুক্ত হইলে $(108 + 35{\cdot}5) = 143{\cdot}5$ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

অতএব $143{\cdot}5$ গ্রাম সিলভার ক্লোরাইডে $35{\cdot}5$ গ্রাম ক্লোরিন থাকে।

$2{\cdot}110$ " " " $\dfrac{35{\cdot}5 \times 2\,110}{143{\cdot}5}$ গ্রাম "

প্রশ্নানুসারে 1 গ্রাম $ZnCl_2$ লবণে $\dfrac{35{\cdot}5 \times 2{\cdot}110}{143{\cdot}5}$ গ্রাম Cl_2 আছে

এবং উহাতে Zn ধাতুর পরিমাণ $1 - \dfrac{35{\cdot}5 \times 2{\cdot}110}{143{\cdot}5}$

$$= \frac{143{\cdot}5 - 35\,5 \times 2{\cdot}110}{143{\cdot}5} \text{ গ্রাম}$$

এক্ষণে, $\dfrac{35{\cdot}5 \times 2{\cdot}11}{143{\cdot}5}$ গ্রাম ক্লোরিন $\dfrac{143{\cdot}5 - 35{\cdot}5 \times 2{\cdot}11}{143{\cdot}5}$ গ্রাম

Zn-এর সহিত যুক্ত হয় এবং $35{\cdot}5$ গ্রাম ক্লোরিন $\left(\dfrac{143{\cdot}5 - 2{\cdot}11 \times 35{\cdot}5}{143\,5}\right)$

$$\times \frac{143{\cdot}5 \times 35{\cdot}5}{35{\cdot}5 \times 2{\cdot}11}$$

$$= \frac{143{\cdot}5 - 35{\cdot}5 \times 2{\cdot}11}{2\,11} \text{ গ্রাম Zn-এর সহিত যুক্ত হয়}$$

$\therefore$ জিংকের তুল্যাঙ্ক $\dfrac{143{\cdot}5 - 35{\cdot}5 \times 2{\cdot}11}{2{\cdot}11} = 32{\cdot}509$

৪। একটি ধাতুকে অপর একটি ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপন পদ্ধতি :

তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক (strongly electropositive) ধাতু, মৃদু তড়িৎ ধনাত্মক (weakly electropositive) ধাতুকে উহাদের লবণ হইতে প্রতিস্থাপন করিতে পারে এবং প্রতিস্থাপনকালে ধাতব মৌলসমূহ সর্বদাই পরস্পর পরস্পরের তুল্যাঙ্ক অনুপাতে (in equivalent proportion) প্রতিস্থাপন করিয়া থাকে।

যেমন, কপার-সালফেট দ্রবণে যদি জিংক দেওয়া যায় তবে জিংক দ্রবণ হইতে কপারকে তুল্যাঙ্ক অনুপাতে প্রতিস্থাপন করে। $Zn + CuSO_4 = ZnSO_4 + Cu$, সেইরূপভাবে জিংক ও কপার উভয়ই পৃথক পৃথক ভাবে উহাদের তুল্যাঙ্ক অনুপাতে সিলভারকে সিলভার-নাইট্রেট দ্রবণ হইতে প্রতিস্থাপিত করে। যদি x গ্রাম জিংক দ্রবীভূত হইয়া y গ্রাম কপার প্রতিস্থাপিত করে তাহা হইলে $\frac{x}{y} = \frac{\text{জিংকের তুল্যাঙ্ক}}{\text{কপারের তুল্যাঙ্ক}}$।

জিংকের তুল্যাঙ্ক জানা থাকিলে এবং পরীক্ষা দ্বারা x ও y নির্ণয় করিয়া কপারের তুল্যাঙ্ক নির্ধারণ সম্ভব।

নির্দিষ্ট ওজনের (0·5 গ্রাঃ) বিশুদ্ধ কপার সালফেট একটি বীকারে লইয়া উহাকে জলে দ্রবীভূত করিয়া উহাতে নির্দিষ্ট ওজনের (প্রায় 1 গ্রাম) বিশুদ্ধ জিংক ধাতুর পাত দেওয়া হইল ; তৎক্ষণাৎ Zn-র উপর Cu-র একটি লাল স্তর পড়ে। দ্রবণটি নাড়িয়া দিলে কপার নীচে অধঃক্ষিপ্ত হয় ; Zn ক্রমশঃ অদৃশ্য হইয়া যায় এবং কিছুক্ষণ পর কপার ধাতুর লাল স্তর বীকারের নীচে জমে। একটি ওজন করা ফিল্টার কাগজের সাহায্যে দ্রবণটি ছাকিয়া লওয়া হয় এবং পরিস্রুত জল সাহায্যে কপারকে ধৌত করা হয়। ফিল্টার কাগজ সমেত কপারকে শুষ্ক করিয়া ওজন লওয়া হয়।

ধরা যাক্, 0·920 গ্রাম Zn 0·890 গ্রাঃ Cu-কে প্রতিস্থাপন করিয়াছে।

$$32{\cdot}5\ (\text{Zn-র তুল্যাঙ্ক ভার})\ ,,\quad \frac{{\cdot}890}{{\cdot}920} \times 32{\cdot}5 = 31{\cdot}4\ ,,$$

অতএব Cu তুল্যাঙ্ক ভার 31·4.

$\frac{0{\cdot}920}{{\cdot}65} = 0{\cdot}014$ মোল Zn পরমাণু $\frac{0{\cdot}890}{63{\cdot}5} = 0{\cdot}014$ মোল Cu পরমাণুকে প্রতিস্থাপিত করিয়াছে অর্থাৎ Zn ও Cu-এর পরমাণু একই সংখ্যায় প্রতিস্থাপিত হইয়াছে, অর্থাৎ সমীকরণটি $Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu\downarrow$

$$\text{বা,}\quad Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu^0\ ।$$

কতকগুলি মৌলের তুল্যাঙ্ক নির্ণয়ের পরোক্ষ পদ্ধতি (Indirect method of determining Eq. wts. of some elements) :

যে-সকল মৌল বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া কঠিন বা যাহাদের লইয়া ওজন করা বা

প্রত্যক্ষ পরীক্ষা করা বিপজ্জনক—যেমন, ফস্‌ফরাস, সোডিয়াম, পটাশিয়াম ইত্যাদি। সেই সকল মৌলের তুল্যাঙ্ক পরোক্ষ পদ্ধতির সাহায্যে নির্ধারিত হইয়া থাকে।

উদাহরণ

মনে করা যাক্‌ M ধাতুটিকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া কঠিন, কিন্তু উহার অক্সাইডকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়। M ধাতুর অক্সাইডের 1·12 গ্রাম লইয়া উহাতে অতিরিক্ত মাত্রায় লঘু HCl অ্যাসিড দেওয়া হইল। বিক্রিয়ার ফলে, ধাতুটি উহার ক্লোরাইড যৌগে পরিণত হইল। দ্রবণটিকে পরে বাষ্পীভূত করিয়া অবশেষে প্রচুর উত্তাপে তাপিত করা হয়। এইভাবে ধাতুটির ক্লোরাইড অনার্দ্র অবস্থায় পাওয়া গেল। অনার্দ্র ক্লোরাইডের পরিমাণ ওজন করিয়া জানা গেল। ধরা যাক্‌, উহার পরিমাণ 2·22 গ্রাম। ক্লোরিণ ও অক্সিজেনের তুল্যাঙ্ক জানা আছে।

মনে করা যাক্‌, M ধাতুটির তুল্যাঙ্ক $=x$. অতএব, x গ্রাম ধাতু 8 গ্রাম অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া $x+8$ গ্রাম ধাতব অক্সাইড উৎপন্ন করে এবং x গ্রাম ধাতু 35·46 গ্রাম ক্লোরিণের সহিত যুক্ত হইয়া $(x+35{\cdot}46)$ গ্রাম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

$$\therefore \quad \frac{x+8}{x+35{\cdot}46}=\frac{11{\cdot}2}{2{\cdot}22} \quad \text{বা,} \quad x=20।$$

অধাতুর তুল্যাঙ্ক ভার নিরূপণ :

কার্বনের তুল্যাঙ্ক নিরূপণ (Determination of Eq. wt. of Carbon) :

অক্সাইড যৌগিকে পরিবর্তন পদ্ধতি :

নির্দিষ্ট সামান্য ওজনের বিশুদ্ধ অঙ্গারসহ একটি ওজন জানা পোর্সেলীন কোশ একটি শক্ত কাচনলে রাখিয়া নলের উভয় মুখ কর্ক দ্বারা বায়ুরুদ্ধভাবে আটকানো হইল। এক প্রান্তের কর্কে একটি আগমনল ও অপর প্রান্তের কর্কে একটি নির্গম নল লাগানো। নির্গমনল প্রান্তে কিছু বিশুদ্ধ কপার অক্সাইড কাচনলে রাখা আছে। অনার্দ্র $CaCl_2$ ভর্তি রক্ষীনল সমেত পূর্বেই ওজন করা একটি পটাশ বাল্‌ব নির্গমনল প্রান্তে জুড়িয়া দেওয়া হয়। রক্ষীনলে বাতাসের CO_2 শোষিত হয়। ফলে উহা ভিতরে প্রবেশপথ পায় না ও পটাশ বাল্‌বে শোষিত হইতে পারে না। নলটিকে ক্লাম্প ও ষ্টাণ্ডের সাহায্যে আটকাইয়া উহার ভিতর দিয়া বিশুদ্ধ ও শুষ্ক O_2 প্রবাহ চালাইয়া নলের অভ্যন্তরস্থ বায়ু বিতাড়িত করা হয়। অতঃপর নলটিকে উত্তপ্ত করা হয় এবং সেই সঙ্গে O_2 প্রবাহ চালু রাখা হইল। উত্তপ্ত অঙ্গার O_2-র সহিত বিক্রিয়ায় CO_2 উৎপন্ন করে ; সামান্য CO-ও উৎপন্ন হয়। CO উত্তপ্ত CuO-এর উপর দিয়া যাইবার কালে CO_2-এ জারিত হইয়া যায়। উৎপন্ন CO_2 গ্যাস O_2 দ্বারা বিতাড়িত

হইয়া পটাশ বাল্‌বে প্রবেশ করে ও পটাশ দ্বারা শোষিত হয়। কার্বনের দহন সম্পূর্ণ হইলে বার্নার অপসারিত করিয়া O_2 গ্যাস প্রবাহে নলটি শীতল করা হয়। এইভাবে সমস্ত CO_2 বালবের পটাশ দ্বারা শোষণ করিয়া লওয়া হয়। অতঃপর পটাশ বাল্‌ব খুলিয়া ওজন লওয়া হয়। CO_2 শোষণের ফলে উহার ওজন বৃদ্ধি পায়।

গণনা ঃ

ধরা যাক্—অঙ্গারের ওজন $= a$ গ্রাম

পরীক্ষার পূর্বে পটাশ বাল্‌বের ওজন $= b$ গ্রাম।

" শেষে " " " $= c$ গ্রাম

∴ উৎপন্ন CO_2-এর ওজন $= c - b$ গ্রাম এবং O_2-এর ওজন $c - b - a$ গ্রাম

অতএব কার্বনের তুল্যাঙ্ক ভার $= \dfrac{a \times 8}{c - b - a}$

অক্সিজেনের তুল্যাঙ্ক ভার নিরূপণ ঃ হাইড্রোজেনের সহিত প্রত্যক্ষ সংযোগ পদ্ধতি ঃ

একটি ওজন করা গোলক নলে কিছু শুষ্ক ও বিশুদ্ধ কপার অক্সাইড লইয়া উহার উপর দিয়া H_2 পরিচালনা করিলে H_2, CuO হইতে O_2-র সহিত যুক্ত হইয়া (উত্তপ্ত অবস্থায়) জল উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন জলকে H_2 গ্যাস স্রোত প্রবাহে একটি ওজন করা U-নলে অনার্দ্র $CaCl_2$ দ্বারা শোষণ করিয়া লওয়া হয়। বিক্রিয়া শেষে গোলক নল ও U-নলের পুনর্বার ওজন নিলে গোলক নলের ওজন হ্রাস পায় (O_2 অপসারণের জন্য) এবং U-নলের ওজন বৃদ্ধি পায় (জল শোষণের জন্য)। এই দুই ওজন হইতে O_2-র সঙ্গে যুক্ত H_2-র পরিমাণ জানা যাইবে ও তাহা হইতে O_2-এর তুল্যাঙ্ক ভার নিরূপণ করা যায়।

তড়িৎ বিশ্লেষণের সাহায্যে মৌলের তুল্যাঙ্ক ভার নিরূপণ ঃ

ফারাডের তড়িৎ বিশ্লেষণ সূত্র হইতে জানা যায় যে 96,560 কুলম্ব তড়িৎশক্তি যে কোন মৌলের এক গ্রাম তুল্যাঙ্কভার বিমুক্ত করে। অতএব নির্দিষ্ট পরিমাণ তড়িৎ-শক্তি দ্বারা বিমুক্ত মৌলের পরিমাণ জানিলেই মৌলটির তুল্যাঙ্ক ভার জানা যায়। পরীক্ষায় জানা গিয়াছে 1 কুলম্ব তড়িৎ 0·001118 গ্রাম Ag-কে বিমুক্ত করে। 96,560 কুলম্ব $0·001118 \times 96560 = 107·88$ গ্রাম Ag-কে উৎপন্ন করে। কাজেই Ag-র তুল্যাঙ্ক ভার $= 107·88$.

আয়তনিক বিশ্লেষণ (Volumetric analysis) সাহায্যে মৌলের তুল্যাঙ্ক ভার নিরূপণ ঃ

কোন দ্রবণের এক লিটারে যদি দ্রাবের এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক ভার দ্রবীভূত থাকে

তাহাকে তুল্য বা নর্মাল দ্রবণ বলে। অতএব কোন মৌলের যে পরিমাণ ওজন এক লিটার কোন তুল্য দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করে, তাহাই মৌলটির তুল্যাঙ্ক ভার।

যদি পরীক্ষায় জানা যায় 0·24 গ্রাম ম্যাগনেশিয়াম HCl-র তুল্য দ্রবণের 20 মি. লি.র সহিত বিক্রিয়া করে, তবে 12 গ্রাম Mg, HCl অ্যাসিডের 1 লিটার তুল্য দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিবে। কাজেই ম্যাগনেশিয়ামের তুল্যাঙ্ক ভার = 12

পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ণয়ের বিভিন্ন পদ্ধতি :

মৌলসমূহের পারমাণবিক গুরুত্ব সাধারণতঃ নিম্নোক্ত পদ্ধতির সাহায্যে নিরূপণ করা হইয়া থাকে।

(1) তুল্যাঙ্ক হইতে নিরূপণ।

(2) অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে নিরূপণঃ ক্যানিজারোর প্রণালী (Cannizaro's method)।

(যে-সকল মৌল, গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগিক উৎপন্ন করিতে সক্ষম, কেবল তাহাদের ক্ষেত্রেই এই প্রণালী প্রযোজ্য)।

(3) ডুলং-পিটিট সূত্রের (Dulong-Petit's) প্রয়োগ সাহায্যে (কঠিন মৌলের ক্ষেত্রে মাত্র ইহা প্রযোজ্য)।

(4) মিষ্টারলিখের সমাকৃতি-সূত্রের (Mitscherlich's Law of Isomorphism) প্রয়োগ সাহায্যে নিরূপণ।

(5) পর্যায়-সূত্রের (Periodic Law) প্রয়োগ পদ্ধতি।

১। তুল্যাঙ্ক হইতে পারমাণবিক ভার নির্ণয় :

একটি মৌলের যোজ্যতা পূর্ণসংখ্যা (whole number) বলিয়া কোন মৌলের পারমাণবিক ভার উহার তুল্যাঙ্কের একটি পূর্ণসংখ্যার গুণিতক। মৌলের তুল্যাঙ্ক নিখুঁতভাবে ও অত্যন্ত নির্ভুলভাবে নির্ধারণ করা যায়। সুতরাং পারমাণবিক ভার = যোজ্যতা × তুল্যাঙ্ক—এই সম্পর্ক হইতে পারমাণবিক ভার নির্ণয়নের পদ্ধতিই সর্বাপেক্ষা নিখুঁত ও কম ত্রুটিপূর্ণ এবং এই পদ্ধতিই কার্যকরী ক্ষেত্রে প্রায়শঃ প্রযুক্ত হইয়া থাকে।

উদাহরণ

Mg-র নির্ধারিত তুল্যাঙ্ক = 12·16। অন্যান্য পদ্ধতির সাহায্যে নির্ণীত Mg-র আনুমানিক পারমাণবিক ভার = 23। অতএব যোজ্যতা = $\frac{23}{12 \cdot 16} = 1 \cdot 89$। কিন্তু সংজ্ঞানুসারে যোজ্যতা মাত্রই পূর্ণসংখ্যা, ভগ্নাংশ বা দশমিক হইতে পারে না ; সুতরাং Mg-র সঠিক যোজ্যতা 2।

অতএব, Mg-র প্রকৃত পারমাণবিক ভার = 12·16 × 2 = 24·32

২। অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্পের সাহায্যে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ :

বাষ্প ঘনত্ব পদ্ধতি :

যে-সকল মৌল গ্যাসীয় বা উদ্বায়ী যৌগিক উৎপন্ন করিতে সক্ষম, কেবল তাহাদেরই পারমাণবিক গুরুত্ব এই প্রণালীতে নির্ণয় করা যায়।

পরমাণু অবিভাজ্য এবং মৌলের ক্ষুদ্রতম অংশ। সুতরাং কোন মৌল দ্বারা গঠিত যৌগিকের অণুতে মৌলটির একের কম সংখ্যক পরমাণু থাকা সম্ভব নয়। অতএব মৌলের একাধিক যৌগিকের অণুতে অবস্থিত মৌলটির যে ক্ষুদ্রতম ওজন থাকে তাহাই মৌলটির পারমাণবিক ভার নির্দেশ করে।

এই পদ্ধতির সাহায্যে পারমাণবিক গুরুত্ব নির্ধারণ করিতে হইলে নিম্নোক্ত ধারাসমূহ অনুসরণ করা হয় :

(1) প্রথমতঃ, মৌলের বহু-সংখ্যক গ্যাসীয় উদ্বায়ী যৌগিকের বাষ্প-ঘনত্ব নিরূপণ করিতে হইবে।

(2) দ্বিতীয়তঃ, নির্ণীত বাষ্পীয়-ঘনত্ব হইতে আণবিক গুরুত্ব নিম্নের সূত্রের সাহায্যে নির্ধারণ করিতে হয় :

আণবিক গুরুত্ব = ২ × বাষ্প-ঘনত্ব।

(3) তৃতীয়তঃ, প্রতিটি যৌগিককে বিশ্লেষণ করিয়া তাহাদের আণবিক গুরুত্বের মধ্যে মৌলটির প্রকৃত ওজন কত বর্তমান তাহা নিরূপণ করিতে হয়।

(4) সর্বশেষে, যৌগিকগুলির আণবিক গুরুত্বের মধ্যে বর্তমান মৌলটির ক্ষুদ্রতম ওজন নির্ণয় করিতে হয়।

এই নির্ধারিত ক্ষুদ্রতম ওজনই পারমাণবিক ভার।

উদাহরণ

(ক) নাইট্রোজেনের পারমাণবিক ভার :

যৌগিক	আপেক্ষিক গুরুত্ব	আণবিক গুরুত্ব = 2 × আপেক্ষিক ঘনত্ব	যৌগিকের আণবিক গুরুত্বের মধ্যে নাইট্রোজেনের ওজন
অ্যামোনিয়া	8·5	17	14
নাইট্রাস অক্সাইড	22·0	44	14 × 2
নাইট্রিক অক্সাইড	15·0	30	14
নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড	23·0	46	14
নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড	38·0	76	14 × 2

উপরের তালিকা হইতে দেখা যায় যে, নাইট্রোজনের বিভিন্ন যৌগিকের বিভিন্ন আণবিক গুরুত্বের মধ্যে নাইট্রোজেনের ক্ষুদ্রতম ওজন 14 বর্তমান। যেহেতু পরামাণুই মৌলের ক্ষুদ্রতন কণা এবং বিভিন্ন যৌগিকের অণু-গঠনে মৌলের যে ক্ষুদ্রতম কণা অংশ গ্রহণ করে, তাহাকেই মৌলের পরমাণু বলা হয় ; অতএব নাইট্রোজেনের পারমাণবিক গুরুত্ব 14।

কঠিন মৌলের আপেক্ষিক তাপ (specific heat) হইতে পারমাণবিক ভার নিরূপণ : ডুলং ও পিটিটের সূত্র (Dulong & Petit's Law) :

এই পদ্ধতিটি মৌলসমূহের আনুমানিক পারমাণবিক ভার নিরূপণের জন্য ব্যবহৃত হয়। মাত্র কঠিন মৌলের ক্ষেত্রে এই পদ্ধতি প্রযোজ্য। অ্যাভোগাড্রো প্রকল্পের সাহায্যে যে সকল ধাতুর পারমাণবিক ভার নির্ণয় করা যায় না (কারণ ধাতুগুলি সাধারণতঃ উদ্বায়ী যৌগিক উৎপন্ন করে না), তাহাদের আপেক্ষিক তাপ হইতে ডুলং ও পিটিটের স্বত্রের ব্যবহার করিয়া পারমাণবিক ভার নির্ধারণ করা হয়। বিভিন্ন কঠিন পদার্থের পরীক্ষার ফলে ডুলং ও পিটিট নামে দুইজন ফরাসী রসায়নবিদ প্রমাণ করেন যে-কোন কঠিন মৌলের আপেক্ষিক তাপ ও উহার পারমাণবিক গুণফল সর্বদাই এক নিত্য সংখ্যা হয় এবং এই নিত্য সংখ্যার মান 6.৮

ডুলং ও পিটিটের সূত্র :

সমস্ত কঠিন পদার্থেরই পারমাণবিক তাপ সমান এবং উহা একটি নিত্য সংখ্যা (6·4)। **অর্থাৎ**

আপেক্ষিক তাপ × পারমাণবিক ভার = পারমাণবিক তাপ (Specific heat × At. Wt = Atomic heat = (6·4) (**আসন্ন মান**)।

$$\therefore \text{ পারমাণবিক ভার} = \frac{6\cdot4}{\text{আপেক্ষিক তাপ}}$$

[বেরিলিয়াম (9·02) বোরণ, (10·82) কার্বন (12·0), সিলিকন (28·06) প্রভৃতি কয়েকটি কম পারমাণবিক ভারসম্পন্ন মৌলের পারমাণবিক তাপ যথাক্রমে 3·7, 2·8, 1·7, 4·5.]

স্থতরাং কোন মৌলের আপেক্ষিক তাপ নিধারণ করিতে পারিলেই উহার পারমাণবিক ভার, সম্পূর্ণ সঠিক না হইলেও, এই স্বত্রের প্রয়োগে মোটামুটি জানা যায়।

উদাহরণ : ইণ্ডিয়ামের আঃ তাঃ ·057, ইহার তুল্যাঙ্ক ভার 37·8, কিন্তু ইহার যোজ্যতা 2 বা 3। ইণ্ডিয়ামের প্রকৃত পাঃ ভার কত ?

সমাধান ঃ ইণ্ডিয়ামের পারমাণবিক ভার $= \frac{6 \cdot 4}{\cdot 057} = 112 \cdot 28$ (ডুলং ও পিটিট সূত্র)

$\therefore$ ইহার যোজ্যতা $= \frac{112 \cdot 28}{37 \cdot 8} = 2 \cdot 9$ কিন্তু যোজ্যতা ভগ্নাংশ বা দশমিক হইতে পারে না ; অতএব ইণ্ডিয়ামের সঠিক যোজ্যতা 3।

অতএব ইণ্ডিয়ামের প্রকৃত পারমাণবিক ভার $= 37 \cdot 8 \times 3 = 113 \cdot 4$ ।

সমাকৃতি-সূত্রের সাহায্যে পারমাণবিক ভার নিরূপণ ঃ মিষ্টার-লিখের সমাকৃতি সূত্র (Mitscherlich's Law of Isomorphism) ঃ

কঠিন পদার্থসমূহ প্রায়ই স্ফটিকাকারে থাকে। অনেক সময় দেখা যায় যে একাধিক কঠিন পদার্থের গঠন আকৃতি একই রকমের হয়। এই সকল স্ফটিক বা কেলাসকে **সমাকৃতি স্ফটিক** (Isomorphous crystals) বলা হয়। সমাকৃতি স্ফটিকসমূহ আয়তনে ছোট বড় হইতে পারে ; কিন্তু উহাদের **পৃষ্ঠতল** (plane) ও **কোণের** সংখ্যা সমান এবং **অনুরূপ কোণগুলিও** (corresponding angles) সমান হইয়া থাকে।

স্ফটিকসমূহের কেবল আকৃতিগত সাদৃশ্যকেই সমাকৃতিত্বের পূর্ণ লক্ষণ বলিয়া গণ্য করা যায় না। হীরার স্ফটিক ও লবণের স্ফটিকের গঠন-আকৃতি একই রূপ, কিন্তু উহাদিগকে সমাকৃতিসম্পন্ন বলিয়া গণ্য করা হয় না। আকৃতি ছাড়াও আরও লক্ষণের উপর উভয় স্ফটিকের সমাকৃতিত্ব নির্ভর করে।

(১) সমাকৃতি স্ফটিক দুইটির মিশ্র দ্রবণকে কেলাসিত করিলে যে স্ফটিক পাওয়া যাইবে তাহা উভয় পদার্থের অণু দ্বারাই গঠিত হইবে অর্থাৎ মিশ্র স্ফটিক (mixed crystal) উৎপন্ন হইবে এবং মিশ্র স্ফটিকের গঠন-আকৃতি যে-কোন একটি স্ফটিকের আকৃতির অনুরূপ হইবে। কেলাসনকালে (during crystallisation) মিশ্র দ্রবণটি যে-কোন একটি স্ফটিকের দ্বারা সম্পৃক্ত হইলেও উভয়ের স্ফটিকই একত্রে পাওয়া যাইবে।

(২) একটি স্ফটিকের সম্পৃক্ত দ্রবণে অপর স্ফটিকের একটি ছোট টুকরা রাখিলে ছোট স্ফটিকটির উপর প্রথম পদার্থের অণু ক্রমশঃ সঞ্চিত হইয়া স্তর স্ফটিক (layer crystals) বা বিবৃদ্ধি (overgrowths) (আয়তনের বৃদ্ধি) সৃষ্টি করে। লবণ ও হীরার এই সকল বৈশিষ্ট্য না থাকায় উহাদিগকে সমাকৃতি স্ফটিক বলা যায় না।

অতএব, যখন দুইটি পদার্থ—(ক) **একই আকারের** স্ফটিক উৎপন্ন করে, উহাদের সংকেত এক রকম হয়, (খ) উহাদের মিশ্রদ্রবণের কেলাসনে **মিশ্র স্ফটিক** উৎপন্ন হয় (গ) **স্তর-স্ফটিক বা বিবৃদ্ধি** গঠন করে, (ঘ) কেলাস গঠনকারী কণা

সমূহের (আয়ন বা পরমাণুর) আপেক্ষিক আকার মোটামুটি সমান তখনই পদার্থ দুইটিকে **সমাকৃতি-সম্পন্ন** বলিয়া নিশ্চিতরূপে গণ্য করা হইবে।

উদাহরণ : পটাশ অ্যালাম ও ক্রোমিয়াম অ্যালাম সমাকৃতি স্ফটিক (Isomorphous crystals) কারণ,

(ক) উহাদের **গঠন-আকৃতি** একরূপ (খ) বর্ণহীন পটাশ অ্যালামের সম্পৃক্ত দ্রবণে ঘন বেগুনী রঙের ক্রোমিয়াম অ্যালামের একটি ছোট স্ফটিক রাখিয়া দিলে উহার উপরিস্তরে **বিবৃদ্ধি ঘটিয়া** বর্ণহীন পটাশ অ্যালাম জন্মিতে থাকে, অর্থাৎ বড় কেলাসের কেন্দ্রস্থল বেগুনী কিন্তু তাহার চতুর্দিক বর্ণহীন এবং (গ) পটাশ অ্যালাম ও ক্রোমিয়াম অ্যালামের মিশ্র দ্রবণকে কেলাসিত করিলে **মিশ্র স্ফটিক** (mixed crystal) উৎপন্ন হয়, অর্থাৎ যে স্ফটিক উৎপন্ন হয় উহাতে পটাশ অ্যালাম ও ক্রোমিয়াম অ্যালাম উভয়ই পাওয়া যাইবে।

কয়েকটি সমাকৃতি স্ফটিক :

(১) পটাশিয়াম সালফেট (K_2SO_4), পটাশিয়াম সিলিনেট K_2SeO_4 পটাশিয়াম ক্রোমেট (K_2CrO_4) : পটাশিয়াম পার্‌ক্লোরেট ($KClO_4$) ও পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ($KMnO_4$)

পটাশ অ্যালম $K_2SO_4. Al_2(SO_4)_3. 24H_2O$ ও

ক্রোম অ্যালম $K_2SO_4. Cr_2(SO_4)_3. 24H_2O$ ইত্যাদি।

এই সকল সমাকৃতি স্ফটিকগুলির আণবিক সংকেত লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, উহাদের অণুগুলিতে মোট পরমাণুর সংখ্যা এক ; তাহারা একইভাবে যুক্ত এবং একটি পরমাণুর স্থলে অন্য একটি পরমাণু থাকিলেও উহাদের গঠন আকৃতি একই রকমের থাকে। যেমন, (1) $ZnSO_4, 7H_2O$; ও $FeSO_4, 7H_2O$, (2) K_2SO_4 ও K_2CrO_4 ইত্যাদি। এইসব তথ্যের ভিত্তিতে মিষ্টারলিখ একটি নিয়ম আবিষ্কার করেন।

"সমাকৃতি-সম্পন্ন স্ফটিক সমূহের অণুতে পরমাণুর সংখ্যা এবং উহাদের সংযুতি এক রকমের।" অর্থাৎ সমান সংখ্যক পরমাণু একই প্রকারে সংযোজিত হইয়া সমাকৃতি-সম্পন্ন স্ফটিক গঠন করে। এই সকল স্ফটিকের গঠন-আকৃতি কেবলমাত্র উহাদের পরমাণুগুলির সংখ্যা ও তাহাদের আপেক্ষিক আকার এবং উহারা কি ভাবে যুক্ত হইয়াছে (তড়িৎ যোজ্যতা না সমযোজ্যতা) তাহার উপর নির্ভর করে ; পরমাণুর রাসায়নিক ধর্ম বা প্রকৃতির উপর নির্ভর করে না।

অন্য কথায়, সমাকৃতি যৌগিক পদার্থে সমধর্মী মৌলগুলি পরস্পর পরস্পরকে পরমাণুক্রমে প্রতিস্থাপন করে।

সামাকৃতি সূত্রের সাহায্যে পারমাণবিক ভার নিরূপণ ঃ

উদাহরণ ঃ জিংক সালফেট ($ZnSO_4$, $7H_2O$, এবং ম্যাগনেশিয়াম সালফেট ($MgSO_4$, $7H_2O$) পরস্পর পরস্পরের সহিত সমাকৃতি সম্পন্ন। অতএব, উহাদের অণুতে সমসংখ্যক পরমাণু বর্তমান ; একমাত্র প্রভেদ এই যে একটি যৌগে Zn ও অপরটিতে Mg আছে। Mg ধাতু জিংক সালফেট হইতে Znকে প্রতিস্থাপন করিতে পারে এবং এই প্রতিস্থাপনের ফলে স্ফটিকটির গঠন-আকৃতির কোন পরিবর্তন হইবে না। সমাকৃতি-সূত্র অনুযায়ী, এই প্রতিস্থাপন পরমাণুক্রমে ঘটিয়া থাকে এবং **মৌল দুইটির যে যে ওজন পরস্পরকে প্রতিস্থাপন করে সেই ওজন দুইটি মৌলদ্বয়ের পারমাণবিক ভারের অনুপাতে হইবে।** সুতরাং কোন একটি মৌলের পারমাণবিক ভার জানা থাকিলে অপরটির পারমাণবিক ভার সহজেই নির্ণয় করা যায়।

[অবশ্য কত ওজনের Zn কত ওজনের Mgকে প্রতিস্থাপন করিয়াছে, তাহা জানিতে হইবে।]

উদাহরণ ঃ (i) পটাশ অ্যালামের সংকেত $K_2SO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24H_2O$, গ্যালিয়াম ধাতু পটাশ অ্যালামের সমাকৃতি সম্পন্ন একটি অ্যালাম গঠন করে এবং উহাতে Ga-র মাত্রা 13·52%। Ga-র পারমাণবিক ভার নির্ণয় কর।

সমাধান ঃ

যেহেতু পটাশ অ্যালাম ও পটাশ গ্যালিয়াম অ্যালাম সমাকৃতিসম্পন্ন ; সুতরাং পটাশ গ্যালিয়াম অ্যালামের সংকেত $K_2SO_4 . Ga_2(SO_4)_3 . 24H_2O$ এবং ইহার আণবিক ভার $2 \times 39 + 32 + 64 + 2Ga + 3(42 + 64) + 24 \times 18 = 894 + 2Ga$

[Ga = গ্যালিয়ামের পারমাণবিক ভার]

$\therefore$ Ga-র শতকরা মাত্রা $= \dfrac{2Ga}{894 + 2Ga} \times 100 = 13·52$ (প্রশ্নানুসারে)

অথবা, Ga = 62·95 = গ্যালিয়ামের আণবিক ভার।

(ii) ক্যালামাইন ($ZnCO_3$) ও ম্যাগনেসাইট ($MgCO_3$) সমাকৃতি সম্পন্ন যৌগ। যৌগ দুইটিতে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেশিয়াম মাত্রা যথাক্রমে 52% ও 28·57%। জিংকের পাঃ ভাঃ 65। ম্যাগনেশিয়ামের পাঃ ভাঃ কত ?

$MgCO_3$-এ Mg-র মাত্রা = 28·57% ; CO_3 মূলকের মাত্রা = 100 − 28·57 = 71·43

$ZnCO_3$-এ Zn মাত্রা = 52% ; CO_3 মূলকের মাত্রা = 100 − 52 = 48

71·43 ভার ওজনের CO_3 মূলক 28·57 ভাগ Mg-র সহিত যুক্ত হয়

48 „ „ „ $\frac{25·57}{71·49} \times 48 = 19·2$ „ „ „

যৌগ দুইটিতে সমপরিমাণ (48 ভাগ) CO_3 মূলকের সহিত সংযুক্ত Mg ও Zn-এর ওজনের অনুপাত 19·2 : 52 ; (সমাকৃতি সম্পন্ন যৌগ বলিয়া) ধাতু দুইটি সমান সংখ্যায় থাকিবে, অর্থাৎ উহাদের ওজনের অনুপাত পাঃ ভাঃ অনুপাতে হইবে। ধরা যাক Mg-র পাঃ ভাঃ x ; তাহা হইলে,

$$\frac{\text{Mgর পাঃ ভাঃ}}{\text{Znর পাঃ ভাঃ}} = \frac{19·2}{52} ; \frac{x}{65} = \frac{19·2}{52} \quad \text{বা} \quad x = 24.$$

(iii) x ও y মৌল দুইটি সমাকৃতি সম্পন্ন অক্সাইড গঠন করে। xএর পাঃ ভাঃ 43·5 এবং উহার ক্লোরাইডের বাষ্প ঘনত্ব = 75। yর অক্সাইডে O_2এর মাত্রা 40% yর পাঃ ভাঃ নির্ণয় কর।

x মৌলের ক্লোরাইডের আঃ ভাঃ = 75 × 2 = 150.

ধরা যাক, xর যোজ্যতা y, তাহা হইলে ক্লোরাইডের সংকেত xCl_y ;

xCl_yর আঃ ভাঃ = 150 = (43·5 + 35·5y)

$$\text{বা,} \quad y = \frac{150 - 43·5}{35·5} = 3.$$

x মৌলের অক্সাইডের সংকেত x_2O_3

আবার y মৌলের অক্সাইডে O_2এর মাত্রা = 40%

yর „ 100 − 40 = 60.

40 ভাগ ওজন O_2 যুক্ত হয় yর 60 ভাগ ওজনের সঙ্গে

8 „ „ „ „ $\frac{60}{40} \times 8 = 12$

yর তুল্যাঙ্ক ভার = 12·1. x ও yর অক্সাইড সমাকৃতিসম্পন্ন, yর অক্সাইডের সংকেত y_2O_3 অর্থাৎ x ও yর যোজ্যতা 3। কাজেই y-র পাঃ ভাঃ = 12 × 3 = 36.

অনুশীলনী

1. কোন মৌলের তুল্যাঙ্ক ভার ও পরমাণু ভার বলিতে কি বুঝ? ইহাদের মধ্যে পারস্পরিক সম্পর্ক বাহির কর।

(a) অ্যালুমিনিয়াম সাল্‌ফেট, সোডিয়াম বাইকার্বনেট, ক্যালসিয়াম কার্বনেট, সোদক কপার সালফেটের তুল্যাঙ্ক ভার কত [Al = 27, Na = 23, Ca = 40, Cu = 63·5]

(b) (i) অ্যালুমিনিয়াম, (ii) কার্বন, (iii) অক্সিজেন, (iv) ম্যাগনেশিয়াম, (v) হিলিয়াম, (vi) হাইড্রোজেন—প্রত্যেকটির গ্রাম তুলাঙ্কের এক দশমাংশে কত পরমাণু বর্তমান।

2. জিংকের তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয় করিবার পদ্ধতি বর্ণনা কর : 1·73 গ্রাম কপার সালফাইডে 1·15 গ্রাম কপার ও হাইড্রোজেন সালফাইডে 94·1% সালফার বর্তমান। কপারের তুলাঙ্ক ভার নির্ণয় কর। [31·6]

3. (i) 0·260 গ্রাম ম্যাগনেশিয়াম ধাতু H_2SO_4র সহিত বিক্রিয়া করিয়া 10°C উষ্ণতা ও 764 মি. মি. চাপে জলের অপসারণ করিয়া 252 সি. সি. হাইড্রোজেন গ্যাস পাওয়া গেল। গ্রাম-অ্যাটমের বিচারে বিক্রয়ার সমীকরণটি লিখ। [10°C-এ জলীয় বাষ্পের চাপ 12 মিমি.]

(ii) 0·26 গ্রাম অক্সিজেন 1·03 গ্রাম কপারের সহিত সংযুক্ত হইয়া কপার অক্সাইড গঠন করিয়াছে। কপার অক্সাইডের সরলতম সংকেতটি লিখ।

(iii) নিম্নের অঙ্কের ফলাফল হইতে অক্সাইড ত্রয়ের সরল সংকেত লিখ।

(a) 0·350 গ্রাম পরমাণু আয়রন 0·525 গ্রাম পরমাণু অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হয়।

(b) $3{\cdot}0 \times 10^{23}$ পরমাণু আয়রন 0·667 গ্রাম পরমাণু অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত।

(c) 5·58 গ্রাম আয়রন $6{\cdot}02 \times 10^{22}$ অক্সিজেন পরমাণুর সহিত সংযুক্ত হইয়াছে।

[Fe=55·8] [Fe_2O_3, Fe_3O_4 FeO]

4. 0·200 Mg প্রমাণ অবস্থায় 187 সি. সি. H_2 উৎপন্ন করে। Mg ও উৎপন্ন H_2 এর অনুপাত গ্রাম অ্যাটমের শর্তে নির্ণয় কর। [Mg=24. H=1·008, 1 সিসি H_2 এর ওজন প্রমাণ অবস্থায় 0·00009 গ্রাম]

5. (i) 0·180 গ্রাম Al লঘু HCl এর সহিত বিক্রিয়ায় 10°C উষ্ণতা ও 750 মি. মি. চাপে 235 সি.সি. শুষ্ক হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটির সমীকরণ-নিম্নরূপ $Al + xHCl \rightarrow AlCl_x + \frac{x}{2}H_2$ উপাত্ত (data) হইতে x এর মান বাহির কর। [Al=27, H=1·008. [x=3]

(iii) 27 পরমাণু ভার সম্পন্ন 01·08 গ্রাম একটি ধাতু (X), কোন একটি H_2M অ্যাসিড হইতে প্রমাণ অবস্থায় 134 সি.সি H_2 নির্গত করে। গ্রামঅ্যাটমে গণনা করিয়া নীচের সমীকরণের n ও m র মান নির্ণয় কর। $nX + mH_2M \rightarrow X_nM_m + mH_2$. [n=2, m=3]

6. কপারের তুলাঙ্ক ভার নির্ণয়ের একটি পরীক্ষা-পদ্ধতির বিবরণ দাও। পরীক্ষালব্ধ ফল হইতে কিভাবে কপারের তুল্যাঙ্ক ভার গণনা করিবে ?

(i) 0·920 গ্রাম Zn ধাতু কপার সালফেট দ্রবণ হইতে 0·890 গ্রাম কপারকে বিচ্যুত করে। Zn ও Cu র অনুপাত গ্রাম-অ্যাটমের শর্তে বাহির কর। কপারের তুলাঙ্ক ভার নির্ণয় কর।

[Cu=63 5, Zn=65]

(ii) 0·29 গ্রাম লোহার গুড়া 10 সি. সি. কপার সালফেটের মোলার (molar) দ্রবণে যোগ করিলে 0·225 গ্রাম কপার পাওয়া যায়। কপারের তুলাঙ্ক ভার নির্ণয় কর।

[লোহার তুল্যাঙ্ক ভার=28]

7. (i) 1 গ্রাম $CaCl_2$ গাঢ় H_2SO_4এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া 1·225 গ্রাম $CaSO_4$ উৎপন্ন করে। ক্লোরিণ ও সালফেট মূলকের তুল্যাঙ্ক ভার যথাক্রমে 35·46 ও 48 হইলে Ca র তুল্যাঙ্ক ভার কত হইবে ?

[ধরা যাক Ca-র তুল্যাঙ্ক ভার x, তাহা হইলে

$$\frac{CaCl_2\text{-র ভার}}{CaSO\text{-র ভার}} = \frac{1{\cdot}000}{1{\cdot}225} \text{ বা, } \frac{x+35{\cdot}46}{x+48} = \frac{1{\cdot}000}{1\ 225} \text{ বা, } x = 20{\cdot}06$$

(ii) 1 গ্রাম KCl দ্রবণ অতিরিক্ত মাত্রার $AgNO_3$-র দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 1·926 গ্রাম AgCl উৎপন্ন করে। Ag এবং Cl_2 এর তুল্যাঙ্ক ভার যথাক্রমে 1·008 ও 35·46 হইলে K-র তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয় কর। [39·006]

8. (i) a পরমাণুক একটি মৌলের যোজ্যতা ও ঘনত্ব v ও d হইলে দেখাও যে মৌলটির তুল্যাঙ্ক ভার$=2d/a \times v$.

(ii) HNO_3-এ দ্রবীভূত b গ্রাম ওজনের Ag-কে AgCl রূপে সম্পূর্ণভাবে অধঃক্ষিপ্ত করিতে a গ্রাম NaCl প্রয়োজন। যদি a′ গ্রাম NaCl হইতে b′ গ্রাম AgCl পাওয়া যায়, দেখাও যে ক্লোরিণের তুল্যাঙ্ক ভার 108 $\left(\frac{a\ b'}{b\ a'}-1\right)$। [Ag র তুল্যাঙ্ক ভার 108]

9. ডুলং এবং পিটিটের সূত্রটি বিবৃত কর। কোন ধাতুর কোরাইডে ধাতুটির 47·22% বর্তমান। ধাতুর আপেক্ষিক তাপ ·094 ; ধাতুর প্রকৃত পারমাণবিক ভার কত ?

(i) 0·22 গ্রাম একটি ধাতব ক্লোরাইড হইতে ক্লোরিণকে সম্পূর্ণরূপে অধঃক্ষিপ্ত করিতে 0·51 গ্রাম $AgNO_3$ প্রয়োজন। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·057 হইলে উহার পারমাণবিক ভার কত হইবে ?

[113·7]

10. (i) 0·560 গ্রাম ধাতু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া 16°C উষ্ণতা ও 750 মি.মি. চাপে 575 সি.সি. হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। ধাতুটির আপেক্ষিক তাপ 0·52। ধাতুটির পারমাণবিক ভার কত ? 16°C-এর বাষ্পীয় চাপ 14 মি.মি.। [23·84]

(ii) একটি উদ্বায়ী ধাতুর তুল্যাঙ্ক ভার 100·3 এবং উহার আপেক্ষিক তাপ 0.033। ধাতুটির 9·25 গ্রাম 500°C ও 760 মি. মি. চাপে 79·5 সি. সি. আয়তন অধিকার করে। ধাতুটির পারমাণবিক ভার ও গ্যাসীয় অবস্থায় উহার আণবিক ভার নির্ণয় কর। [200·6 : 199·4]

(iii) 5·21 গ্রাম একটি দ্বিযোজী ধাতব ক্লোরাইডের জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত মাত্রায় সিলভার নাইট্রেট দ্রবণ যোগ করিলে 7·17 গ্রাম সিলভার ক্লোরাইড অধঃক্ষিপ্ত হইল। ধাতুটির পারমাণবিক ভার বাহির কর। [137·38]

(iv) একটি ধাতব ক্লোরাইডে 65·84% ক্লোরিণ আছে, ইহার বাষ্প ঘনত্ব 35। ধাতুটির তুঃ ভাঃ, যোজ্যতা, পাঃ ভার নির্ণয় কর। [18·42 ; 3 ; 55·26]

(v) 0·5 গ্রাম KCl ও KI-এর মিশ্রণের জলীয় দ্রবণে অতিরিক্ত $AgNO_3$ যোগ করিলে AgCl ও AgI-এর মিশ্রণের 0·809 গ্রাম অধঃক্ষিপ্ত হইল। মিশ্রণে KCl-র% কত ?

[K=39, Ag=108 ; I=727]

11. সমাকৃতি সূত্রটি লিখ। সমাকৃতির লক্ষণ কি কি ?

কোন ধাতব সালফেটে ধাতুটির পরিমাণ 20·9%। সালফেট লবণটি $ZnSO_4$, $7H_2O$-র সমরূপ। ধাতুটির সম্ভাব্য পারমাণবিক ভার নির্ণয় কর।

12. (i) X একটি মৌলের তিনটি গ্যাসীয় যৌগের ঘনত্ব প্রতি লিটারে যথাক্রমে 1·25, 1·875, 2·50 গ্রাম। প্রতিটি যৌগেই X এর পরিমাণ $\frac{9}{2}$। X এর সম্ভাব্য পারমাণবিক ভার কত। [12]

(ii) পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট ও পটাশিয়াম পারক্লোরেট ($KClO_4$) সমাকৃতি সম্পন্ন যৌগ। পারম্যাঙ্গানেটে ম্যাঙ্গানিজের পরিমাণ 34·8%। ম্যাঙ্গানিজের পাঃ ভাঃ কত ? [54·98]

(iii) 0·12 গ্রাম একটি ধাতু (M) লঘু H_2SO_4র সহিত বিক্রিয়ায় প্রমাণ অবস্থায় 41·10 মিলি

H_3 উৎপন্ন করে ; ধাতুটির তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয় কর। দ্রবণ হইতে $FeSO_4,7H_2O$-এর সমাকৃতি সম্পন্ন একটি সাদা কেলাস পাওয়া যায় ; কেলাসের আঃ ভাঃ 287। M ধাতুটির আঃ ভাঃ কত ? [65·4]

(iv) X-র 18·5 গ্রাম Y-র $3{\cdot}2\times10^{23}$ পরমাণুর সহিত যুক্ত হয়। বিক্রিয়াতে প্রতি 3 Xটি পরমাণুর সহিত Y-র 4টি পরমাণুর সহিত যুক্ত X এর সম্ভাব্য পারমাণবিক ভার কত ? [46]

13. E একটি মৌল দুইটি হাইড্রাইড (A ও B) গঠন করে। A ও Bতে E র ভাগ 75% ও 80%। হাইড্রাইড দুইটির (A ও B) বাষ্প ঘনত্ব যথাক্রমে 8 ও 15। A-র মৌলে যদি E-র একটি পরমাণু বর্তমান থাকে তবে E-র পারমাণবিক ভার এবং A ও B-র সংকেত নির্ণয় কর।

[EH_4 ; E_2H_6]

14. 120°C ও 350 মিমি চাপে 0·096 গ্রাম একটি ধাতুর ক্লোরাইড 25·84 সিসি আয়তন অধিকার করে। ক্লোরাইডে ক্লোরিণের পরিমাণ 54·6%। ধাতুর পাঃ ভাঃ, তুঃ ভাঃ, যোজ্যতা নির্ণয় কর।

সংকেত : $PV=\frac{g}{M}RT$; M (ক্লোরাইডের) $=\frac{gRT}{PV}=259{\cdot}9$]

অথবা, 22·4 লিটার (প্রমাণ অবস্থায়) হয় এক মোলের। [118·08, 29·52, 4]

সপ্তম পরিচ্ছেদ

প্রথম অধ্যায়

অক্সাইড (Oxide)

অক্সিজেন একটি সক্রিয় মৌল; ইহা অধিক্যংশ ধাতু ও অধাতুর সহিত বিক্রিয়া করে। অক্সিজেন ধাতু বা অধাতুর সহিত রাসায়নিক মিলনে যে দ্বিমৌল (binary) যৌগিক উৎপাদন করে তাহাদিগকে অক্সাইড (oxide) বলা হয়। প্রধানতঃ অধাতব মৌল অম্লধর্মী ও ধাতব মৌল ক্ষারধর্মী অক্সাইড উৎপন্ন করে। ইহা ছাড়া অন্যান্য অক্সাইডও উৎপন্ন হইয়া থাকে। প্রকৃতি অনুযায়ী অক্সাইডগুলিকে প্রধানতঃ নিম্নোক্ত শ্রেণীতে ভাগ করা যায়:

(১) অধাতব বা আম্লিক অক্সাইড (২) ধাতব বা ক্ষারকীয় অক্সাইড, (৩) প্রশম অক্সাইড, (৪) উভধর্মী অক্সাইড.

১। আম্লিক-অক্সাইড (Acidie Oxide):

সাধারণতঃ অধাতু মৌলগুলি আম্লিক অক্সাইড উৎপধ করে। আম্লিক অক্সাইড জলীয় দ্রবণে অম্ল উৎপাদন করে, নীল-লিটমাস দ্রবণকে লাল করে এবং ক্ষারক বা ক্ষারের সহিত প্রশমন-ক্রিয়ায় লবণ উৎপাদন করে।

যে সকল আম্লিক অক্সাইড জলে দ্রবণীয় ও জলীয় দ্রবণে অম্লউৎপাদন করে উহাদের **নিরুদক (Anhydride)** বলা হয়। যথা, SO_3 $(SO_3 + H_2O = H_2SO_4)$, $P_2O_5(P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3)$ ইত্যাদি।

আম্লিক অক্সাইডের উদাহরণ

অক্সাইড	জলের সহিত বিক্রিয়া	ক্ষারক বা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া
CO_2	$CO_2 + H_2O = H_2CO_3$ কার্বনিক অ্যাসিড	$CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2O$
SiO_2	বিক্রিয়া করে না	$SiO_2 + 2KOH = K_2SiO_3 + H_2O$

২। ক্ষারকীয় অক্সাইড (Basic Oxide):

সাধারণতঃ ধাতু মৌলগুলির অক্সিজেনের সংযোগে ক্ষারক্ষীয় অক্সাইড উৎপন্ন করে। ক্ষারকীয় অক্সাইড অম্ল বা আম্লিক অক্সাইডকে প্রশমিত করিয়া লবণ উৎপন্ন করিয়া থাকে। কোনো কোনো ক্ষারকীয় অক্সাইড জলে দ্রবণীয় ও জলীয়

দ্রবণে ক্ষার উৎপন্ন করিয়া থাকে এবং লাল লিটমাস দ্রবণকে নীল করে, এই ক্ষারকীয় অক্সাইডগুলিকে ক্ষারীয় অক্সাইডও বলা হয়। যথা—
Na_2O ($Na_2O + H_2O = 2NaOH$), K_2O ($K_2O + H_2O = 2KOH$)
CaO ($CaO + H_2O$) $= Ca(OH)_2$ ইত্যাদি।

ক্ষারকীয় অক্সাইডের উদাহরণ

অক্সাইড	জলের সহিত বিক্রিয়া	অম্লের সহিত বিক্রিয়া
Na_2O	$Na_2O + H_2O = 2NaOH$	$Na_2O + 2HCl$ $= 2NaCl + H_2O$
FeO	অদ্রবণীয়	$FeO + 2HNO_3$ $= Fe(NO_3)_2 + H_2O$

৩। প্রশম অক্সাইড (Netural Oxide) :

যে সকল অক্সাইড জলীয় দ্রবণে অম্ল বা ক্ষার কোনটিই উৎপাদন করে না উহাদের **প্রশম অক্সাইড** বলা হয়। জল (H_2O) ; নাইট্রাস অক্সাইড (N_2O) ; নাইট্রিক অক্সাইড (NO) প্রভৃতি প্রশম অক্সাইড।

৪। উভধর্মী অক্সাইড (Amphoteric Oxide) :

যে সকল অক্সাইড অম্ল ও ক্ষার উভয়ধর্মসম্পন্ন, অর্থাৎ যে সকল অক্সাইড অম্ল ও ক্ষার উভয়কেই প্রশমন করিয়া লবণ ও জল উৎপাদন করে, ঐ সকল অক্সাইডকে **উভধর্মী অক্সাইড** বলা হয়।

উভধর্মী অক্সাইডের উদাহরণ

অক্সাইড	অম্লের সহিত বিক্রিয়া ক্ষারকীয় আচরণ	ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া অ্যাসিডীয় আচরণ
ZnO	$ZnO + 2HCl$ $= ZaCl_2 + H_2O$	$ZnO + 2NaOH$ $Zn(ONa)_2 + H_2O$
$Al\ O_3$	$= Al_2O_3 + 6HCl$ $= 2AlCl_3 + 3H_2O$	$Al_2O_3 + 2NaOH$ $= 2NaAlO_2 + H_2O$

Pb, Sn, Cr, Mn, As, Sb প্রভৃতির অক্সাইড উভধর্মী।

যুগ্ম অক্সাইড (Double Oxide) :

কতকগুলি অক্সাইডকে দুইটি অক্সাইডের সমষ্টি বলিয়া গ্রহণ করা যাইতে পারে ; যথা, Fe_3O_4 (FeO, Fe_2O_3), Mn_3O_4 ($2MnO, MnO_2$) ইত্যাদি। ইহারা

যে প্রকৃতপক্ষে দুইটি পৃথক অক্সাইডের সমষ্টিমাত্র, অম্লের সহিত বিক্রিয়ার ফল হইতেও তাহা সমর্থিত হয় : $Fe_3O_4 + 8HCl = 2FeCl_3 + FeCl_2 + 4H_2O$

Ag_4O, C_2O_3 প্রভৃতি অক্সাইডকে **সাব-অক্সাইড** বা অপূর্ণ অক্সাইড বলে।

দ্রষ্টব্য :—ধাতব অক্সাইডগুলির ক্ষেত্রে লক্ষ্য করা যায় যে, ধাতুর সহিত অক্সিজেনের মাত্রা যত বর্ধিত হইতে থাকে, অক্সাইডগুলির ততই ক্ষারধর্মিতা হইতে অম্লধর্মিতা বর্ধিত হইতে থাকে। যথা, MnO—ক্ষারকীয় অক্সাইড, কিন্তু Mn_3O_4, Mn_2O_7—আম্লিক অক্সাইড। CrO—ক্ষারকীয়, CrO_3 আম্লিক অক্সাইড।

অধাতুর অক্সাইডগুলির ক্ষেত্রেও লক্ষ্য করা যায়, অধাতুর সহিত সংযুক্ত অক্সিজেনের মাত্রা বৃদ্ধি পাইলে উৎপন্ন অক্সাইডের অম্লধর্মেরও বৃদ্ধি ঘটে। যথা, N_2O ও NO—প্রশম অক্সাইড, ; N_2O_3—আম্লিক অক্সাইড, N_2O_4—তীব্রতর আম্লিক অক্সাইড এবং N_2O_5—তীব্রতম আম্লিক অক্সাইড।

অক্সাইডের অম্লধর্মী ও ক্ষারধর্মী প্রকৃতি :—

অক্সাইড বিভিন্ন প্রকৃতির : তীব্র অম্লধর্মী (P_2O_5) হইতে শুরু করিয়া মৃদু অম্ল-ধর্মী (CO_2, B_2O_3), উভধর্মী (Al_2O_3, ZnO), মৃদু ক্ষারধর্মী (CuO, Ag_2O) তীব্র ক্ষারধর্মী (Na_2O, BaO) হইয়া থাকে। আবার কোন কোন অক্সাইড (CO, NO, H_2O প্রশম।

যে কোন অক্সাইডের, MO_x, প্রকৃতি M এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা ও x এর মানের উপর নির্ভর করে। মৃদু তড়িৎ ঋণাত্মক ও কম যোজ্যতাবিশিষ্ট ধাতু ক্ষারধর্মী অক্সাইড গঠন করে ; তীব্র তড়িৎ ঋণাত্মক ধাতুর অক্সাইড উভধর্মী : অধাতু বা খুবই তীব্র তড়িৎ ঋণাত্মক ও বেশী যোজ্যতাবিশিষ্ট ধাতু অম্লধর্মী অক্সাইড গঠন করে।

(ক) **ক্ষারধর্মী অক্সাইড :** হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) গ্রহণে ও জলীয় দ্রবণে হাইডক্সিল আয়ন (OH^-) প্রদানে সক্ষম অক্সাইডই ক্ষারধর্মী। এইসব অক্সাইড আয়নীয় (ionic) ও OH^- আয়নযুক্ত অথবা M—O রাসায়নিক বন্ধনটি সমযোজী হইলেও O_2 এর তড়িৎ ঋণাত্মকতা M এর তুলনায় অধিকতর হওয়ায় যথেষ্ট আয়নীয় প্রকৃতির : $M^{\delta+}O^{\sigma-}$

$O^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2O$; $O^{2-} + H_2O \rightarrow 2OH^-$; $CuO + 2H^+ \rightarrow Cu^{2+} + H_2O$। M এর অপরাধর্মিতা যত কম হইবে, [M–O বন্ধন তত বেশী আয়নীয় প্রকৃতির] এবং তদ্দারা সৃষ্ট অক্সাইড তত বেশী তীব্র ক্ষারধর্মী হইবে। কাজেই খুবই তীব্র তড়িৎধনাত্মক ধাতু তীব্রতর ক্ষারধর্মী অক্সাইড গঠন করে। অক্সাইডের

ক্ষারকধর্মিতা (পর্যায় সরণীতে) পর্যায়গত ভাবে বাম হইতে ডান দিকে এবং শ্রেণীগত ভাবে উপর হইতে নীচের দিকে বৃদ্ধি পায়।

(খ) **অম্লধর্মী অক্সাইড :** আম্লিক অক্সাইড সমযোজী। অক্সিজেন পরমাণুর অধিকতর অপরাধর্মিতার জন্য M পরমাণুতে যে পরা তড়িৎ আধান সৃষ্টি হয় সেই জন্যই অক্সাইডের অম্লধর্ম প্রকাশ পায়। পরা তড়িৎগ্রস্থ M পরমাণু (আয়ন) সহজেই জলের অণুস্থিত অপরা তড়িৎগ্রস্থ অক্সিজেন পরমাণু (আয়ন) দ্বারা আক্রান্ত হয়।

$$\begin{matrix} H^{\delta+} \\ H^{\delta-} \end{matrix} \rangle O^{\delta-} + \begin{matrix} {}^{\delta-}O \\ {}^{\delta-}O \end{matrix} \rangle S^{\delta+} = O^{\delta-} \rightarrow \begin{matrix} H-O \\ H-O \end{matrix} \rangle S \langle \begin{matrix} O \\ O \end{matrix}$$

অক্সাইডে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা যত বেশী হইবে M এর পরা তড়িৎ আধান তত বেশী হইবে : সেই কারণেই কোন কোন ধাতুর সর্বোচ্চ অক্সাইড (যেমন CrO_3, Mn_2O_7) অম্লধর্মী। অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা বৃদ্ধির সঙ্গে **একই মৌলের** অক্সাইডের ক্ষারধর্মিতা হইতে অম্লধর্মিতায় পরিবর্তিত হয়।

(সমযোজ্যতার (Covalency) বন্ধনে সংঘবদ্ধ পরমাণুদ্বয়ের ইলেকট্রন-যুগলের প্রতি আকর্ষণ প্রবণতার নাম অপরাধর্মিতা (electronegativity)। এ টান যে পরমাণুর যত বেশী সেই পরমাণু তত বেশী অপরাধর্মী)।

CO (প্র) CO_2 (অ)

SO_2 (অ) SO_3 (অ)

N_2O_3 (অ) N_2O_5 (অ)

CrO (ক্ষা) Cr_2O_3 (উ) CrO_3 (অ)

MnO (ক্ষা) MnO_2 (উ) Mn_2O_3 (উ) Mn_2O_7 (অ)

——————→——————অম্লধর্মিতা বৃদ্ধি——————→——————→

অ = অম্লধর্মী ক্ষা = ক্ষারধর্মী উ = উভধর্মী প্র = প্রশম

(গ) **উভধর্মী অক্সাইড :** উভধর্মী অক্সাইড হাইড্রোজেন আয়ন গ্রহণ করিয়া অ্যাসিডরূপে এবং হাইড্রোজেন আয়ন পরিত্যাগ করিয়া ক্ষারকরূপে ক্রিয়া করে। যেমন ZnO অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ার ক্ষারের মত আচরণ করে ;

$$ZnO + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2O$$

অথবা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় উহা অ্যাসিডধর্মী :

$$ZnO + H_2O \rightarrow ZnO_2{}^{2-} + 2H^+$$

$$2H^+ + 2OH^- \rightarrow 2H_2O$$

ধাতব হাইড্রক্সাইড : ধাতুর হাইড্রক্সাইড অক্সাইডের মত হয় ক্ষার বা উভধর্মী। MOH এ ধাতুর অপরাধর্মিতা কম হইলে হাইড্রক্সাইড ক্ষারধর্মী আর বেশী হইলে

উভধর্মী। NaOH, KOH, $Mg(OH)_2$ প্রভৃতি আদর্শ ক্ষারীয় হাইড্রক্সাইড, $Al(OH)_3$, $Zn(OH)_2$ প্রভৃতি উভধর্মী হাইড্রক্সাইড। অ্যাসিড হইতে H^+ গ্রহণ করার সামর্থ্য কিংবা OH^- আয়নে বিয়োজিত হওয়ার জন্যই হাইড্রক্সাইডের ক্ষারকীয় ধর্ম প্রকাশ পায়।

(i) $MOH \rightarrow M^+ + OH^-$, (ii) $MOH + H^+ \rightarrow M^+ + H_2O$.

M ধাতু ক্ষীণ অপরাধর্মী হইলে উভয় প্রক্রিয়াই ঘটিয়া থাকে। আর M যদি তীব্র অপরাধর্মী হয় তবে বিকল্প সম্ভাবনা $MOH \rightarrow MO^- + H^+$ ঘটে। সেই ক্ষেত্রে হাইড্রক্সাইড উভধর্মী। প্রকৃতপক্ষে M যখন অধাতু ; অর্থাৎ তীব্র অপরাধর্মী তখন হাইড্রক্সাইডটি কেবলমাত্র MO^- ও H^+ আয়নে বিয়োজিত হয়। অতএব অধাতব হাইড্রক্সাইড অম্লধর্মী।

অ্যাসিড ঃ তোমরা আগেই জানিয়াছ যে

প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন-যুক্ত যৌগিককে অম্ল বলা হয় ; এই প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন প্রত্যক্ষভাবে বা পরোক্ষভাবে, ধাতু বা ধাতুপ্রতিভূ মৌলবর্গের দ্বারা অংশতঃ বা পূর্ণতঃ প্রতিস্থাপিত হইয়া অম্লকে লবণে রূপান্তরিত করে।

অম্ল জলে দ্রবণীয় হইলে নীল লিটমাসকে লাল বর্ণে পরিবর্তিত করে) অতি মৃদু ধর্মের না হইলে অম্লের টক স্বাদ থাকে ; অম্ল জলের দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়ন বিমুক্ত করে ; এবং অম্ল তীব্রভাবে ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করে।

অ্যাসিডের ধর্ম উহার H^+ আয়নের জন্যই। সংক্ষেপে বলা যায় যে সব যৌগ জলীয় দ্রবণে পজিটিভ আয়ন রূপে কেবলমাত্র H^+ আয়নই সৃষ্টি করে। তাহাদিগকে অ্যাসিড বলা হয়। সে অ্যাসিড প্রচুর H^+ আয়ন বিমুক্ত করে তাহারা তীব্র অ্যাসিড এবং অপর পক্ষে যে অ্যাসিড সামান্য মাত্রায় H^+ প্রদান করে তাহারা মৃদু অ্যাসিড। HCl, H_2SO_4 তীব্র অ্যাসিড, HCN, H_2CO_3 প্রভৃতি মৃদু অ্যাসিড। অ্যাসিড প্রদত্ত H^+ আয়ন জলের সহিত সংযোজিত হইয়া (H_3O^+) হাইড্রোনিয়াম আয়নরূপে থাকে।

কোন অ্যাসিডের একটি অণু যতগুলি H^+ আয়ন উৎপন্ন করে, সেই সংখ্যাকে ঐ অ্যাসিডের ক্ষারগ্রহিতা (basicity of the acid) বলা হয়।

অ্যাসিড	ক্ষারগ্রাহিতা
$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$	এক-ক্ষারিক
$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4{}^{2-}$	দ্বি-ক্ষারিক
$H_3PO_4 \rightleftharpoons 3H^+ + PO_4{}^{3-}$	ত্রি-ক্ষারিক

অ্যাসিডমাত্রই প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন যৌগ, তবে প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন যৌগ মাত্রই অ্যাসিড নহে। হাইড্রোজেন যৌগের হাইড্রোজেন, ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণ গঠন না করিলে তাহা অ্যাসিড হয় না। জলের হাইড্রোজেন সোডিয়াম, পটাশিয়াম প্রভৃতি ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় বটে কিন্তু তাহাতে লবণ উৎপন্ন হয় না। আবার মিথেনের (CH_4) কোন হাইড্রোজেনেই ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় না। কাজেই জল, মিথেন প্রভৃতি কোনটাই অ্যাসিড নয়।

অ্যাসিডের শ্রেণীবিভাগঃ সমস্ত অ্যাসিডকে দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়ঃ
(i) **হাইড্রাসিড (Hydracid) ও অক্সিঅ্যাসিড (Oxyacid)**

যে সব অ্যাসিডে হাইড্রোজেন অপর কোন অধাতব মৌলের (অক্সিজেন বাদে) সহিত সংযুক্ত থাকে তাহাদিগকে হাইড্রাসিড বলে। ইহাদের নামের আগে হাইড্রো (hydro) ও (অধাতব মৌলের নামের) শেষে ইক্ যুক্ত। যেমন হাইড্রো ক্লোরিক (HCl) ; হাইড্রো ব্রোমিক (HBr) ইত্যাদি।

যে সব অ্যাসিড হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও অপর কোন অধাতব মৌল সহযোগে গঠিত হয় তাহাদিগকে **অক্সিঅ্যাসিড** বলে। অক্সিজেন কম থাকিলে (অধাতব মৌলটির যোজ্যতা কম হইলে) অক্সিঅ্যাসিডের নামের শেষে (ous) ও বেশী থাকিলে 'ইক্' ic যুক্ত হয়।

সালফিউরাস $H\overset{4+}{S}O_3$, সালফিউরিক অ্যাসিড $H_2\overset{6+}{S}O_4$

নাইট্রাস $H\overset{3+}{N}O_2$, নাইট্রিক অ্যাসিড $H\overset{5+}{N}O_3$

একই মৌল যদি বিবিধ অক্সিঅ্যাসিড গঠন করে, তবে সর্বাপেক্ষা কম অক্সিজেন সমন্বিত অক্সিঅ্যাসিডের নামের আগে **হাইপো** (hypo = below) এবং সর্বাপেক্ষা বেশী অক্সিজেন সমন্বিত অক্সিঅ্যাসিডের নামের আগে **পার** (per = above) যোগ করা হয়। যেমন হাইপোসালফিউরাস, $H_2S_2O_4$, সালফিউরাস H_2SO_3, সালফিউরিক H_2SO_4, পার সালফিউরিক $H_2S_2O_8$ অ্যাসিড ইত্যাদি। অক্সিঅ্যাসিডে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরস্পর যুক্ত থাকিয়া OH রূপে ধাতব মৌলটির সহিত সংঘবদ্ধ থাকে যেমন, নাইট্রিক অ্যাসিডে $O_2N(OH)$, সালফিউরিক $O_2S(OH)_2$ ইত্যাদি।

অক্সিঅ্যাসিডে কেন্দ্রীয় পরমাণুর অপরাধর্মিতা (electronegativity) যত বেশী হইবে উহা অক্সিজেন হইতে ইলেকট্রন নিজের দিকে তত জোরে টানিবে। অক্সিজেন আবার হাইড্রোজেন হইতে ইলেকট্রন নিজের দিকে টানিবে ফলে হাইড্রোজেন আয়ন

হিসাবে সহজেই বিমুক্ত হইবে। অন্যান্য কারকের (factor) অপেক্ষা কেন্দ্রীয় পরমাণুর অপারধর্মিতাই অক্সিঅ্যাসিডের তীব্রতা নির্ধারণ করে।

$HClO_4 > HIO_4$; $H_2SO_3 > H_2SeO_3$, $HOCl > HOBr > HOI$

OH^- আয়নের প্রতি আকর্ষণ M^+ আয়ন অপেক্ষা M^{2+} আয়নের বেশী। তবে উভয়ক্ষেত্রেই আকর্ষণের মাত্রা আয়নের আকার বৃদ্ধিতে অর্থাৎ আয়ন ও OH^- আয়নের দূরত্ব বৃদ্ধিতে হ্রাস পায়।

কেন্দ্রীয় পরমাণুর জারণ-সংখ্যা বৃদ্ধিতে অক্সিঅ্যাসিডের তীব্রতা বৃদ্ধি পায়। কেন্দ্রীয় পরমাণুর সহিত তড়িৎ ঋণাত্মক অক্সিজেন পরমাণুর সংযোজনা জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি করে। স্থূলভাবে বলা যায় যে অক্সিঅ্যাসিডে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যার বিয়োগ ফল যতবেশী সেই অক্সিঅ্যাসিড তত তীব্র।

$$H_2\overset{+6}{S}O_4 > H_2\overset{+4}{S}O_3 \; ; \; H\overset{+5}{N}O_3 > H\overset{+3}{N}O_2 \; ; \; H\overset{+7}{Cl}O_4 > H\overset{+5}{Cl}O_3$$
$$> H\overset{+3}{Cl}O_2 > H\overset{+1}{Cl}O$$

যে হাইড্রাসিডে অধাতব মৌলের অপরাধর্মিতা যত বেশী সেই হাইড্রাসিড তত তীব্র। $HF > H_2O$; কিন্তু HI, HF অপেক্ষা তীব্রতর যদিও F_2-এর ইলেকট্রন আসক্তি I_2-এর ইলেকট্রন-আসক্তি অপেক্ষা অনেক বেশী। I_2-র আকার (size) বড় এবং HI এর বন্ধন বিযোজন শক্তির (bond dissociation energy) মাত্রা (71 K.Cal/ মোল) HF এর বন্ধন বিযোজন শক্তির মাত্রা [135 K.Cal/ মোল] অপেক্ষা অনেক কম অর্থাৎ HI-র বন্ধন সহজেই ছিন্ন হইয়া যায়, সেইজন্য HI অ্যাসিডের তীব্রতা বেশী হয়।

হাইড্রাসিডের তীব্রতা বিচারে বন্ধন বিভাজন শক্তির মাত্রাই অন্যান্য কারক (factor) অপেক্ষা মুখ্যতর ভূমিকা গ্রহণ করে।

পর্যায় সরণীতে আম্লিক বা ক্ষারীয় ধর্মের হ্রাসবৃদ্ধি সম্পর্কে মোটামুটি ভাবে বলা যায়ঃ

(i) অপরাধর্মিতা বৃদ্ধি পায় বলিয়া একই পর্যায়ে আম্লিক ধর্ম বৃদ্ধি পায়।

$$H\text{-}NH_2 < HOH < H-F \; ; \; H.HS. < H\text{-}Cl$$

(ii) অপরাধর্মিতা হ্রাস পায় বলিয়া একই শ্রেণীতে পরমাণু ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে আম্লিক ধর্ম হ্রাস পায় ; পক্ষান্তরে ক্ষারীয় ধর্ম বৃদ্ধি পায়।

(iii) কোন একটি শ্রেণীতে পরমাণু ক্রমাঙ্কের বৃদ্ধির সঙ্গে উহার আকার বৃদ্ধি পায় ও হাইড্রাসিডের তীব্রতা হ্রাস পায়। তবে অপরাধর্মিতা অপেক্ষা হাইড্রাসিডের বন্ধন-বিভাজন শক্তির মাত্রাই এই ক্ষেত্রে প্রধান বিবেচ্য।

$$H.F < H\text{-}Cl < H\text{-}Br < HI \; ; \; HOH < H.SH < H.SeH$$

(iv) অক্সিঅ্যাসিডে কেন্দ্রীয় অধাতব পরমাণুর অপরাধর্মিতা যত বৃদ্ধি পায়, অ্যাসিডের তীব্রতা তত বাড়ে।

(v) অক্সিঅ্যাসিডে কেন্দ্রীয় অধাতব পরমাণুর জারণ-স্তর যত বেশী সেই অক্সিঅ্যাসিড তত তীব্র।

ক্ষারকীয় অক্সাইড ও হাইড্রক্সাইড—

ধাতু বা ধাতু সমধর্মী মূলকের অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইডকে ক্ষারক বলে। ক্ষারক অ্যাসিডকে প্রশমিত করিয়া কেবল লবণ ও জল উৎপাদন করে। জলে দ্রবণীয় ক্ষারককে বলে ক্ষার। Na_2O, NaOH প্রভৃতি ক্ষারক ত বটে, ইহাদের ক্ষারও বলা যায়। কিন্তু Fe_2O_3, Al_2O_3, $Al(OH)_3$ প্রভৃতি ক্ষারক, ক্ষার নয়। NH_3, PH_3 প্রভৃতি যৌগ ধাতব অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড নয়, তবে উহারা অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপাদন করে, জল উৎপন্ন করে না। সেই কারণে উহারা সত্যিকারের ক্ষারক নয়, উহারা ক্ষার ধর্মী। PbO_2 অ্যাসিডের (HCl) সহিত বিক্রিয়ায় লবণ, জল বাদেও Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন করে, সেইজন্য ইহা ক্ষারক নয় ;

$$PbO_2 + 4HCl = PbCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$$

ক্ষারের বৈশিষ্ট্য (Characteristic of Alkalis) :

(১) ইহারা জলে দ্রবণীয় ও জলের দ্রবণে ইহারা OH^- আয়ন উৎপন্ন করে।

(২) ইহাদের জলীয় দ্রবণ (ক) বিদ্যুৎ-পরিবাহী, (খ) স্পর্শে সাবানের ন্যায় পিচ্ছিল, (গ) জৈব পদার্থ ধ্বংসকারী ও (ঘ) লাল লিটমাসকে নীল করে, ফিনোল্পথ্যালিনকে (phenolpthaline) গোলাপী করে ও মিথাইল অরেঞ্জকে (methyl orange) হলুদবর্ণ করে।

(৩) ইহারা অম্লের সহিত বিক্রিয়ায় কেবল লবণ ও জল উৎপন্ন করে ; এবং (৪) ইহারা কোন ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণে যুক্ত হইলে ধাতব হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে এবং (৫) তীব্রক্ষার মৃদু ক্ষারকে উহার লবণ হইতে বিমুক্ত করে।

ক্ষারের ধর্ম OH^- আয়নের জন্যই। যে সব যৌগ জলীয় দ্রবণে নেগেটিভ আয়ন রূপে **কেবলমাত্র** OH^- আয়ন বিমুক্ত করে তাহাদিগকে ক্ষার বলে।

NaOH, KOH প্রভৃতি তীব্রক্ষার, যেহেতু ইহারা জলীয় দ্রবণে যথেষ্ট OH^- দেয় ; NH_4OH মৃদু ক্ষার, ইহা অল্পমাত্রায় OH^- দেয়।

ক্ষারের একটি অণু যতগুলি OH^- আয়ন উৎপন্ন করে সেই সংখ্যাই ক্ষারের

অম্লগ্রাহিতা (acidity of a base) বলে। NaOH, KOH এক-আম্লিক $Ca(OH)_2$ দ্বি-আম্লিক ক্ষার।

হাইড্রক্সাইড ও আয়ন বিভাজন (Hydroxides and their ionic dissociation) ঃ

সমস্ত অক্সি অ্যাসিড ও ক্ষারীয় হাইড্রক্সাইডকে সংশ্লিষ্ট অক্সাইডের জলের সংযোগে গঠিত বলিয়া মনে করা যায় এবং সেই হিসাবে সাধারণভাবে তাহাদিগকে সোদক অক্সাইড বা হাইড্রক্সাইড বলা যায়। সালফিউরিক (H_2SO_4) নাইট্রিক (HNO_3) অ্যাসিডকে যথাক্রমে ষটযোজী সালফার ও পঞ্চযোজী (pentavalent) নাইট্রোজেনের সোদক অক্সাইড। $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$. $N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$. জলীয় দ্রবণে সোদক অক্সাইড যদি হাইড্রোজেন আয়ন উৎপাদন করে তবে সেই সোদক অক্সাইড অ্যাসিড। আর যদি হাইড্রক্সিল আয়ন $(OH)^-$ সৃষ্টি হয় তবে উহা ক্ষারকীয়।

$$X{-}O\,\vdots\,{-}H \rightarrow XO^- + H^+ \;;\quad X\,\vdots\,{-}O{-}H \rightarrow X^+ + OH^-$$

অ্যাসিডীয় আয়ন বিভাজন   ক্ষারীয় আয়ন বিভাজন

এই আয়ন-বিভাজন (অ্যাসিডীয় কিংবা ক্ষারীয়) নির্ভর করে একদিকে কেন্দ্রীয় মৌল (X) ও অক্সিজেন, অপরদিকে অক্সিজেন ও হাইড্রোজেন এই দুই রাসায়নিক বন্ধনের আপেক্ষিক শক্তির মাত্রার উপর। কেন্দ্রীয় মৌলটি যদি ক্ষুদ্রাকার ও তীব্র অপরাধর্মী হয় (electro negative) ; (সমযোজকের ইলেকট্রন যুগলের প্রতি আকর্ষণ প্রবণতাকে বলে অপরাধর্মিতা) তবে ইহা ইলেকট্রন জোড়কে অক্সিজেন হইতে নিজের দিকে টানিয়া আনিবে। অক্সিজেন আবার (উহার নিজের দিকে) হাইড্রোজেনের কাছ হইতে ইলেকট্রন-দ্বয়কে টানিবে। ফলে অক্সিজেন-হাইড্রোজেন বন্ধন শিথিল হইয়া যাইবে। সেই অবস্থায় হাইড্রোজেন বন্ধনচ্যুত হইয়া আয়নরূপে (H^+) বিশ্লিষ্ট হইবে অর্থাৎ আম্লিক বিভাজন ঘটিবে। মৌলটি ক্ষীণ অপরাধর্মী হইলে অ্যাসিডের তীব্রতা হ্রাস পাইবে। কেন্দ্রীয় মৌলটির জারণ সংখ্যা (পরাবিদ্যুৎ আধান মাত্রা) বেশী হইলে [অর্থাৎ মৌলটির সহিত সংযুক্ত অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা বেশী হইলে O_2 এর তীব্র অপরাধর্মিতার জন্য ইলেকট্রন উহার দিকে সরিয়া আসিবে ; ফলে X এর বিদ্যুৎমাত্রা বৃদ্ধি পাইবে] অম্লত্ব বৃদ্ধি পায়। অপরপক্ষে কেন্দ্রীয় মৌলের (X) অপরাধর্মিতা মৃদু ও আকার বড় হইলে অক্সিজেন ইলেকট্রন যুগল টানিয়া আনিয়া হাইড্রক্সিল আয়নরূপে OH^- বিচ্ছিন্ন হইয়া যাইবে। তখন ঘটিবে ক্ষারীয় আয়ন বিভাজন।

লবণ

অ্যাসিডের হাইড্রোজেনকে ধাতু বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী মূলক কিংবা ক্ষারকের ধাতব অংশ দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিলে যে যৌগিক পাওয়া যায়, তাহাকে লবণ বলে। দ্রবণ অবস্থায় লবণ বিদ্যুৎ পরিবাহী এবং আয়নে বিয়োজিত হইয়া থাকে কিন্তু H^+ আয়ন বা OH^- আয়নে নয়। হাইড্রোজেন বাদে অপর কোন ধন তড়িদাহিত আয়ন এবং হাইড্রক্সিল আয়ন বাদে অপর কোন ঋণতড়িদাহিত আয়নে বিশ্লিষ্ট হয়। সুতরাং যে সব যৌগিক জলীয় দ্রবণে H^+ ছাড়া অপর কোন ধনাত্মক আয়ন ও OH^- ছাড়া অপর কোন ঋণাত্মক আয়নে বিশ্লিষ্ট হয় তাহাদিগকে লবণ বলা হয়।

লবণের শ্রেণী বিভাগ ঃ—লবণসমূহ মোটামুটি তিন শ্রেণীতে ভাগ করা যায় (১) নরম্যাল বা শমিত লবণ (normal salt), (২) অম্ললবণ (acid salt) ও (৩) ক্ষার লবণ (basic salt)।

শমিত লবণ ঃ অ্যাসিড অণুর সমস্ত হাইড্রোজেন পরমাণু ধাতু বা ধাতুর ন্যায় ব্যবহারকারী মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলে যে লবণ-প্রস্তুত হয় তাহাকে শমিত লবণ বলে। যেমন—

$HCl \rightarrow NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-$; $H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow 2Na^+ + SO_4{}^{2-}$

অম্ল লবণ ঃ—অ্যাসিডের হাইড্রোজেন পরমাণু অংশতঃ ধাতু বা ধাতব মূলক দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইয়া লবণ উৎপন্ন করে, উহার অণুতে যদি এক বা একাধিক প্রতিস্থাপনযোগ্য হাইড্রোজেন পরমাণু থাকিয়া যায় তবে সেই প্রকার লবণকে অম্ললবণ বলে।

অ্যাসিড	অম্ল লবণ	শমিত লবণ
$H_2{}^+S^{2-} \rightleftharpoons H^+ +$	$\rightarrow Na^+(HS)^-$	$\rightarrow Na_2{}^+S^{2-}$
$(HS)^-$	$\rightarrow Na^+ + H^+ + S^{2-}$	সোডিয়াম সালফাইড
	সোডিয়াম হাইড্রোজেন বাই সালফাইড	
$H_2(CO_3)^{2-} \rightleftharpoons H^+$	$\rightarrow Na^+(HCO_3)^-$	
$+(HCO_3)^-$	$\rightarrow Na^+ + H^+ + CO_3{}^{2-}$	$\rightarrow Na_2{}^+ CO_3{}^{2-}$
	সোডিয়াম বাই কার্বনেট	সোডিয়াম কার্বনেট
$H_2{}^+(SO_4)^{2-} \rightarrow H^+$	$\rightarrow Na^+(HSO_4)^-$	
$+HSO_4{}^-$	$\rightarrow Na^+ + H^+ + SO_4{}^{2-}$	$\rightarrow Na_2{}^+ SO_4{}^{2-}$
	সোডিয়াম বাইসালফেট	সোডিয়াম সালফেট

জলীয় দ্রবণে অম্ললবণ বিয়োজিত হইয়া H^+ আয়ন ও তাহার সহিত একই সঙ্গে ধনতড়িদাহিত অপর আয়ন উৎপন্ন করে। অর্থাৎ দ্রবণে অম্লবণে অ্যাসিডের ধর্ম বর্তমান থাকে। উহারা আরও ক্ষারকের সহিত বিক্রিয়া করিবার ক্ষমতা থকে।

ক্ষার লবণ ঃ ক্ষারের OH^- মূলক অধাতু বা আম্লিক মূলক যথা NO_3^-, CO_3^{2-}, SO_4^{2-} ইত্যাদি দ্বারা প্রতিস্থাপিত করিয়াও লবণ প্রস্তুত করা যায়। ক্ষার অণুর সবগুলি OH^- মূলক প্রতিস্থাপিত না হইয়া কেবল অংশতঃ প্রতিস্থাপিত হইলে যে লবণ পাওয়া যায়, তাহাকে ক্ষার লবণ বলে। ক্ষার লবণের অণুতে OH^- মূলক থাকিয়া যাইবে। $Pb(QH)_2 \rightarrow Pb(OH)NO_3$; $2Cu(OH)_2 \rightarrow Cu(CO_3)$, $Cu(OH)_2$। জলে দ্রবীভূত হইলে OH মূলক আনয়িত হইয়া যায় এবং তাহার সহিত একসঙ্গে ঋণতড়িদাহিত অপর আয়ন উৎপন্ন করে। ক্ষার লবণ ক্ষারের মত ব্যবহার করে অর্থাৎ আরও অ্যাসিডের H^+ আয়নের সহিত বিক্রিয়া করিতে পারে।

ক্ষারক	ক্ষার লবণ	শমিত লবণ
$Pb^{2+}(OH^-)_2 \rightarrow Pb^{2+} + 2OH^-$;	$Pb^{2+}(OH)^-NO_3^- \rightarrow$	
	$Pb^{2+} + OH^- + NO_3^-$;	$Pb(NO_3)_2$
	ক্ষারীয় লেডনাইট্রেট	লেড নাইট্রেট
$Bi^{3+}(OH^-)_3 \rightarrow Bi^{3+} + 3OH^-$;	$Bi^{3+}(OH)^{3-}Cl^- \rightarrow$	
	$Bi^{3+} + 2OH^- + Cl^-$	$Bi^{3+}Cl_3^-$
	ক্ষারীয় বিসমাথ ক্লোরাইড	বিসমাথ ক্লোরাইড

সীসশ্বেত বা সফেদা (হোয়াইট লেড) একটি অতি পরিচিত ক্ষারক লবণ। ইহা ক্ষারীয় লেড কার্বনেট লবণ $2PbCO_3$, $Pb(OH)_2 \rightarrow 3Pb^{2+}$, $2OH^-$, $2CO_3^{2-}$

জলীয় দ্রবণে অম্ললবণ H^+ ও তাহার সহিত একসঙ্গে অন্য কোন ধনতড়িদাহিত আয়ন এবং ক্ষার লবণ OH^- আয়ন ও তাহার সহিত একসঙ্গে অন্য কোন ঋণ তড়িদাহিত আয়ন উৎপন্ন করে কিন্তু শমিত লবণ H^+ ও OH^- ব্যতীত অন্য তড়িত ধনাত্মক ও তড়িৎ ঋণাত্মক আয়ন উৎপন্ন করে।

যুগ্মলবণ ও জটিল লবণ (Double salt and complex salt) :

কখনও কখনও দুই বা ততোধিক লবণ নির্দিষ্ট আণবিক অনুপাতে পরস্পর একত্রে যুক্ত হইয়া নূতন ধরনের লবণ গঠন করে। এই সব লবণকে বলা হয় যুগ্ম বা যুত বা আণবিক (molecular) লবণ। যেমন,

$KCl + MgCl_2 + 6H_2O \rightarrow KCl, MgCl_2\ 6H_2O$ (কার্ণালাইট)

$K_2SO_4 + Al_2(SO_4)_3 + 24H_2O \rightarrow K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3, 24H_2O$
(পটাশ অ্যালম)

$CuSO_4 + 4NH_3 + H_2O \rightarrow CuSO_4, 4NH_3, H_2O$ (টেট্রামিন কপার (") সালফেট)

$Fe(CN)_2 + 4KCl \rightarrow Fe(CN)_2\ 4KCl$ (পটাশিয়াম ফেরোসায়নাইড পটাশিয়াম হেক্সাসায়ানো ফেরেট ("))

আণবিক লবণ আবার দুই শ্রেণীর : (a) যুগ্মলবণ ও (b) জটিল লবণ।

যুগ্ম লবণ : যুগ্মলবণে উপাদান লবণের সমস্ত আয়ন বর্তমান থাকে ; উহার কেলাস উপাদান লবণের কেলাস হইতে পৃথক হয়, অনেকসময় উহার রঙের পরিবর্তন হয়। যুগ্মলবণ জলীয় দ্রবণে উপাদান লবণের স্বচ্ছ আয়নে বিয়োজিত হইয়া যায় এবং দ্রবণটি একটি সরল আণবিক অনুপাতের মিশ্রণের মত ব্যবহার করে। প্রকৃতপক্ষে যুগ্মলবণ কঠিন অবস্থায়ই নিজস্ব পৃথক স্বাধীন সত্ত্বা লইয়া বিরাজ করে ; জলীয় দ্রবণে নয়।

$K_2SO_4, Al_2(SO_4)_3 . 24H_2O \rightleftharpoons 2K^+ + 2Al^{3+} + 4SO_4^{2-} + 24H_2O$

কার্ণালাইট, আয়রন (II) অ্যামোনিয়াম সালফেট [$FeSO_4, (NH_4)_2\ SO_4$ $6H_2O$ ইহার মোর লবণও, Mohr's salt বলে।] প্রভৃতি যুগ্ম লবণের দৃষ্টান্ত। নির্দিষ্ট আণবিক অনুপাতে একাধিক লবণ পরস্পর যুগ্ম হইয়া যে লবণ গঠন করে, তাহাকে যুগ্ম লবণ বলে যুগ্ম লবণ কঠিন অবস্থায় পৃথক ; জলীয় দ্রবণে নয়।

জটিল লবণ : জটিল লবণে উপাদান লবণের স্বাধীন সত্ত্বা লোপ পায়। উপাদান লবণ সমূহ প্রকৃতপক্ষে একটি নূতন ধরণের লবণ গঠন করে। কঠিন অবস্থায়ই নয়, জলীয় দ্রবণেও জটিল লবণ উপাদান লবণ হইতে পৃথক ধর্ম প্রদর্শন করে। উহার কেলাসের গঠন ও রং উপাদান সমূহ হইতে পৃথক ; জলীয় দ্রবণে ইহা নূতন ধরণের আয়নে বিয়োজিত হয়। KCN ও $Fe(CN)_2$ 4 : 1 আণবিক যুক্ত হইয়া $K_4[Fe(CN)_6]$ সৃষ্টি করে ; ইহার রং ও কেলাসের গঠন আলাদা রকমের এবং জলীয় দ্রবণে ইহা K^+ আয়ন ও ফেরোসায়নাইড হেক্সাসায়ানো ফেরেট (II)—$Fe(CN)_6^{4-}$ জটিল আয়ন গঠন করে।

$K_4[Fe(CN)_6] \rightleftharpoons 4K^+ + [Fe(CN)_6]^{4-}$; আদি লবণের CN^- আয়ন বা Fe^{2+} আয়নের পৃথক অস্তিত্ব থাকে না।

$K_3Cu(CN)_4 \rightleftharpoons 3K^+ + Cu(CN)_4^{3-}$

$Cu(NH_3)_4SO_4 \rightleftharpoons Cu(NH_3)_4]^{2+} + SO_4^{2-}$

$K_2(PtCl_6) \rightleftharpoons 2K^+ + PtCl_6^{2-}$ প্রভৃতি জটিল লবণের উদাহরণ।

নির্দিষ্ট আণবিক অনুপাতে নিজস্ব সত্ত্বার বিলোপ ঘটিয়া একাধিক লবণ ঘনিষ্ট সংযোগে যে লবণ গঠন করে, তাহাকেই জটিল লবণ বলে।

লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ (Hydrolysis of salts)

তুল্যাঙ্ক অনুপাতে অ্যাসিড ও ক্ষারের বিক্রিয়ার ফলে যে লবণ উৎপন্ন হয় তাহা শমিত হইবে। জলীয় দ্রবণে শমিত লবণ প্রশম হওয়া উচিত। অর্থাৎ দ্রবণে আম্লিক বা ক্ষারীয় কোন ধর্ম প্রকাশ পায় না। কিন্তু সব সময় তাহা হয় না। যেমন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড, ফেরিক ক্লোরাইড ইত্যাদির জলীয় দ্রবণ যথাক্রমে অম্ল ও ক্ষার গুণসম্পন্ন হয়। তীব্র ক্ষার ও মৃদু অম্ল কিংবা তীব্র অম্ল ও মৃদু ক্ষার সহযোগে উদ্ভুত লবণ এইরূপ আচরণ করে। [অবশ্য অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন লবণের জলীয় দ্রবণ প্রশম।] এইসব শমিত লবণ জল দ্বারা বিয়োজিত হইয়া তুলাঙ্ক পরিমাণ অ্যাসিড ও ক্ষার বিমুক্ত করে। তুলাঙ্ক অনুপাতে মুক্ত হইলেও উহাদের মধ্যে যেইটি তীব্রতর সেইটির প্রকৃতি অনুযায়ীই দ্রবণটি ক্ষারীয় বা অ্যাসিডীয় আচরণ করে। জলের সাহায্যে লবণের রাসায়নিক বিয়োজনকে **আর্দ্রবিশ্লেষণ** বলে। আসলে আর্দ্রবিশ্লেষণ প্রশমন বিক্রিয়ারই বিপরীত (reverse) ঘটনা।

জল অতি সামান্য পরিমাণে [প্রতি 500 মিলিয়ান জলের অণুর মধ্যে একটিমাত্র অণু আয়নিত হয়] আয়নিত হইয়া হাইড্রোজেন (H^+) ও হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) উৎপন্ন করে। H^+ ও OH^- আয়নের গাঢ়ত্ব পরস্পর সমান বলিয়া জল প্রশম অর্থাৎ অ্যাসিড বা ক্ষারীয় কোন ধর্মই দেখা যায় না। জলীয় দ্রবণে লবণ আয়নিত হয়; লবণের যে কোন একটি আয়ন জলের H^+ বা OH^- আয়নের সহিত বিক্রিয়ায় অবিয়োজিত (undissociated) অণু সৃষ্টি করিয়া H^+ বা OH^- আয়নের মাত্রা বিনষ্ট করে। ফলে জলে H^+ বা OH^- আয়নের আধিক্য বা ঘাটতি ঘটে, তখন জল অ্যাসিড বা ক্ষারের মত ব্যবহার করে। **লবণের আয়নের সহিত জলের আয়নের বিক্রিয়ার ফলে লবণের বিয়োজিত হওয়াকে বলে লবণের আর্দ্র বিশ্লেষণ।**

ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) (তীব্র অ্যাসিড ও মৃদু ক্ষার সঞ্জাত লবণ) জলে দ্রবীভূত হইলে উহা বিয়োজিত হইয়া Fe^{3+} ও Cl^- উৎপন্ন করে। Fe^{3+} আয়ন জলের OH^- আয়নের সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া ফেরিক হাইড্রক্সাইডে $Fe(OH)_3$ পরিণত হয়। $Fe(OH)_3$ জলে অদ্রবণীয় এবং উহা একটি অতি মৃদু ক্ষার; উহার বিয়োজন ঘটে না বলিলেই চলে। $Fe(OH)_3$ অধঃক্ষিপ্ত হয়, ফলে জলে OH^- আয়নের গাঢ়ত্ব কমিয়া গিয়া H^+ আয়নের গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পায় এবং দ্রবণটি আম্লিক গুণসম্পন্ন হইয়া পড়ে।

$$FeCl_3 + 3H_2O \rightarrow \underbrace{Fe^{3+} + 3HCl^- + 3H^+ + 3OH^-}_{+} \rightarrow Fe(OH)_3 \downarrow + 3H^+ + 3Cl^-$$

সেইরূপ Na_2CO_3 দ্রবণ (তীব্র ক্ষার ও মৃদু অ্যাসিড সঞ্জাত লবণ) ক্ষার গুণসম্পন্ন হয়।

$$Na_2CO_3 + 2H_2O \rightarrow 2Na^+ + \underbrace{CO_3^{2-} + 2H^+}_{+} + 2OH^- \rightarrow$$

$$2Na^+ + 2OH^- + H_2CO_3 \rightarrow H_2O + CO_2 \uparrow$$

KCl, Na_2SO_4 প্রভৃতি তীব্র অ্যাসিড ও তীব্র ক্ষার সঞ্জাত লবণ, অ্যামোনিয়াম অ্যাসিটেট (CH_3COONH_4) প্রভৃতি মৃদু ক্ষার ও মৃদু অ্যাসিড উদ্ভূত লবণ সমূহের আর্দ্র বিশ্লেষণ ঘটে না।

বহুযোজী ধাতু ও এক-ক্ষারিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় উদ্ভূত লবণ ক্ষারীয় লবণও অ্যাসিডে আর্দ্রবিশ্লিষ্ট হইতে পারে। যেমন,

$$SnCl_2 + H_2O \rightarrow Sn(OH)Cl + HCl$$

অথবা $Sn^{2+} + 2Cl^- + H^+ + OH^- \rightarrow Sn(OH)Cl + H^+ + Cl^-$

সাধারণতঃ লবণের আর্দ্রবিশ্লেষণ উষ্ণতা বৃদ্ধিতে ও দ্রবণের লঘুকরণে বৃদ্ধি পায়।

অনুশীলনী

1. অক্সাইড কাহাকে বলে? অক্সাইড কত প্রকারের ও কি কি? প্রত্যেকের একটি করিয়া উদাহরণ দাও। নিম্নের অক্সাইড কোন প্রকারের?

SO_2, Cr_2O_3, CrO_3, Al_2O_3, Mn_2O_7

তোমার উত্তরের সমর্থনে যুক্তি দেখাও।

2. NaOH একটি ক্ষার কিন্তু ClOH একটি অ্যাসিড কেন?

3. লবণ কি? উহা কয় প্রকারের ও কি কি? প্রত্যেক প্রকারের এক একটি উদাহরণ দাও? HCl অম্লদ্রবণ গঠন করিবে কি? যুক্তি সহকারে উত্তর দাও।

4. আর্দ্রবিশ্লেষণ কাহাকে বলে। নীচের লবণগুলির জলীয় দ্রবণ অম্লধর্মী, ক্ষারধর্মী, না প্রশম?

NaCl, Na_2CO_3, $FeCl_3$, $(NH_4)_2CO_3$

তোমার উত্তরের সমর্থনে যুক্তি দেখাও।

5. অম্লগ্রাহিতা ও ক্ষারগ্রাহিতা বলিতে কি বুঝ? নীচের অ্যাসিডযুগলের মধ্যে কোন্‌টি বেশী তীব্র এবং কেন?

(i) H_2SO_3 ও H_2SO_4, (ii) $HClO_2$ ও $HClO_3$, (iii) HF ও HI.

দ্বিতীয় অধ্যায়

অম্লমিতি ও ক্ষারমিতি (Acidimetry & Alkalimetry)

নির্দেশকের উপস্থিতিতে প্রমাণ ক্ষার দ্রবণের (standard alkali solution) দ্বারা কোন নির্দিষ্ট আয়তনের অম্লদ্রবণকে প্রশমিত করিয়া অম্লদ্রবণে অম্লের মাত্রা জানা যায়। এইরূপ অম্লের মাত্রা জানাকে **অম্লমিতি** বলে। তদ্রূপ নির্দেশকের উপস্থিতিতে প্রমাণ অম্লদ্রবণের দ্বারা কোন নির্দিষ্ট আয়তনের ক্ষারদ্রবণকে প্রশমিত করিয়া ক্ষার দ্রবণে ক্ষারের মাত্রা জানা যায়—এইরূপে ক্ষারের মাত্রা জানাকে **ক্ষারমিতি** বলে।

প্রমাণ দ্রবণ (Standard Solution) :

প্রমাণ দ্রবণ বলিতে বুঝায় শক্তি বা মাত্রা জানা যে-কোন দ্রবণ, অর্থাৎ কোন দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনে দ্রাব্যের পরিমাণ জানা থাকিলে উহাকে প্রমাণ দ্রবণ (Standard Solution) বলে।

যেমন সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণের নির্দিষ্ট আয়তনে, ধরা যাক 1000 সিসি-তে 10 গ্রাম কিংবা 5 গ্রাম কিংবা 1 গ্রাম লবণ দ্রবীভূত আছে ; উহাদের প্রতিটি দ্রবণে দ্রাব্যের মাত্রা জানা জানা আছে ; অতএব উহারা প্রত্যেকটিই প্রমাণ দ্রবণ।

প্রমাণ দ্রবণ আবার দুই প্রকারের : (ক) মুখ্য প্রমাণ (Primary standard ও (খ) গৌণ প্রমাণ (Secondary standard) দ্রবণ।

মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ :—যে সব পদার্থের সরাসরি তুলাদণ্ডের সাহায্যে ওজন করিয়া প্রমাণ দ্রবণ (নির্দিষ্ট আয়তন দ্রাবকে নির্দিষ্ট দ্রাব্য দ্রবীভূত করিয়া) তৈয়ার করা যায় ; তাহাদিগকে মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ বলে। যেমন অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ Na_2CO_3র নির্দিষ্ট পরিমাণ ওজন প্রত্যক্ষভাবে মাপা যায় এবং নির্দিষ্ট আয়তন জলে দ্রবীভূত করিয়া উহার প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত সম্ভব। সুতরাং ইহা একটি মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ। অক্সালিক অ্যাসিড, পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট প্রভৃতির ওজন সরাসরি মাপিয়া প্রমাণ দ্রবণ প্রস্তুত করা যায় ; অতএব উহারা মুখ্য ষ্টাণ্ডার্ড। মুখ্য ষ্টাণ্ডার্ডের বৈশিষ্ট্য :—(i) উহাদের সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায়, (ii) উহাদের প্রস্তুত দ্রবণ অনেকদিন অবিকৃত থাকিবে, (ii) উহাদের রাসায়নিক সংযুতি একেবারে সুনির্দিষ্ট।

গৌণ প্রমাণ দ্রবণ :—যে সব পদার্থের সঠিক ওজন প্রত্যক্ষভাবে তুলাদণ্ডের সাহায্যে মাপা যায় না এবং যাহাদের দ্রবণে মাত্রা অন্য কোন মুখ্য প্রমাণ দ্রবণ সাহায্যে স্থি করা হয়, সেই সব পদার্থের দ্রবণকে গৌণ-প্রমাণ দ্রবণ বলা হয়। এই সব

দ্রবণের মাত্রা সময়ের সহিত পরিবর্তিত হয় এবং এই সব পদার্থ সম্পূর্ণ বিশুদ্ধরূপে পাওয়া যায় না। অতএব যে দ্রবণের মাত্রা অপর কোন প্রমাণ দ্রবণের সাহায্যে স্থিরীকৃত করা হয় তাহাকে **গৌণ প্রমাণ দ্রবণ** বলে।

টাইট্রেশন (Titration) :

নির্দেশকের (Indicators) উপস্থিতিতে কোন প্রমাণ দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া দ্বারা মাত্রা-না-জানা কোন দ্রবণের মাত্রা নির্ণয়ের পদ্ধতিকে টাইট্রেশন (Titration) বলে।

নির্দেশক (Indicators) :

যে-সকল রাসায়নিক দ্রব্য আয়তনিক বিশ্লেষণে (volumetric analysis) ব্যবহৃত হইয়া নিজেদের বর্ণ পরিবর্তনের দ্বারা কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমাপ্তিক্ষণ (end point) নির্দেশ করে তাহাদিগকে নির্দেশক বলে।

অম্লদ্রবণ নীল লিটমাসকে লাল এবং ক্ষারদ্রবণ লাল লিটমাসকে নীলবর্ণে পরিণত করে। কোন দ্রবণে দুই এক ফোটা লিটমাস দিলে যদি উহা লাল হইয়া যায়, তবে দ্রবণটি অম্লজাতীয় ; আর যদি দ্রবণটির রঙ নীল হইয়া যায়, তবে উহা ক্ষারজাতীয়। মিথাইল অরেঞ্জ, মিথাইল রেড, ফিনল্‌পথ্যালিন ইত্যাদিও—উহাদের নিজেদের বর্ণ পরিবর্তনের দ্বারা কোন দ্রবণের অম্লত্ব বা ক্ষারত্ব নির্দেশ করে—সেই সকল পদার্থকে নির্দেশক বলে।

নির্দেশক পদার্থসমূহ নিজেরা মৃদু ক্ষারজাতীয়। ইহাদের মধ্যে কতকগুলি যেমন, লিটমাস, টারমারিক (turmeric) উদ্ভিদজাত ; অন্যান্যগুলি যেমন, ফিনল্‌প্‌থ্যালিন, মিথাইল অরেঞ্জ প্রভৃতি সংশ্লেষণ পদ্ধতিতে প্রস্তুত হয়। নির্দেশকের নিজে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করা উচিত নয়।

নিম্নলিখিত নির্দেশকসমূহ সচরাচর ব্যবহৃত হয়—

নির্দেশক	শমিত দ্রবণে বর্ণ	অম্ল দ্রবণে বর্ণ	ক্ষার দ্রবণে বর্ণ
১। লিটমাস দ্রবণ	বেগুনী	লাল	নীল
২। মিথাইল অরেঞ্জ	অরেঞ্জ	গোলাপী	হলুদ
৩। ফিনল্‌প্‌থ্যালিন	বর্ণহীন	বর্ণহীন	লাল

বিঃ দ্রঃ ১। কার্বনেট বা বাইকার্বনেট লবণকে অ্যাসিড দ্বারা বিক্রিয়া কালে লিটমাস ব্যবহার করা অনুচিত, কারণ টাইট্রেশনের সময় যে কার্বন ডাই অক্সাইড উদ্ভূত হয়, টাইট্রেশন শেষ হইবার পূর্বেই উহা লিটমাস দ্রবণকে লালবর্ণে পরিণত করে। এই সব ক্ষেত্রে মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহার করা বিধেয়।

২। টাইট্রেশনের সময় সময় অ্যামোনিয়া গ্যাস (NH_3) উদ্ভূত হইলে ফিনল্‌প্‌থ্যালিন ব্যবহার নিসিদ্ধ।

৩। অতি মৃদু অ্যাসিডের ক্ষেত্র ব্যতীত প্রায় সব টাইট্রেশনেই মিথাইল অরেঞ্জ ব্যবহার করা হয়।

৪। অ্যাসেটিক অ্যাসিড, টারটারিক অ্যাসিড ইত্যাদি জৈব অ্যাসিড অতি মৃদু অ্যাসিড, আবার অজৈব অ্যাসিডসমূহ, যথা—হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড, সালফিউরিক অ্যাসিড ইত্যাদি অত্যন্ত তীব্র অ্যাসিড। এইরূপে NH_4OH মৃদুক্ষারক, NaOH, KOH ইত্যাদি তীব্র ক্ষার।

নির্দেশকের ব্যবহার এবং যথোপযুক্ততা ঃ

প্রশমক্ষণ নির্ণয়নে	উপযুক্ত নির্দেশক
১। তীব্র অম্ল—তীব্র ক্ষার	যে কোন নির্দেশক
২। তীব্র অম্ল—মৃদু ক্ষার	মিথাইল অরেঞ্জ।
৩। মৃদু অম্ল—তীব্র ক্ষার	ফিনল্‌প্‌থ্যালিন বা লিটমাস।
৪। মৃদু অম্ল—মৃদু ক্ষার	টাইট্রেশন করা উচিত নহে।

মিশ্রিত নির্দেশক (mixed indicator) ঃ আজকাল একটি নির্দেশকের পরিবর্তে কতকগুলি নির্দেশকের সংমিশ্রণ ব্যবহৃত হইতেছে। প্রায় সব অম্ল ও ক্ষারের টাইট্রেশনের ক্ষেত্রেই ইহা (নির্দেশকের সংমিশ্রণ) উত্তমরূপে কাজ করিতেছে।

প্রশমন বিক্রিয়া ঃ (Neutralisation reaction)

অ্যাসিড ও ক্ষারের ধর্ম বিপরীত ঃ উহারা পরস্পর বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জল উৎপাদন করে। অ্যাসিড জলীয় দ্রবণে হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) ও ক্ষার জলীয় দ্রবণে হাইড্রক্সিল আয়ন (OH^-) দেয়। অ্যাসিডের H^+ ও ক্ষারের OH^- যুক্ত হইয়া অত্যন্ত মন্দ আয়নবিভাজন-ক্ষম (Poorly dissociated) জলের অণু গঠন করে। অর্থাৎ দ্রবণে আর হাইড্রোজেন আয়ন বা হাইড্রক্সিল আয়ন থাকে না ; ফলে দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারের ধর্ম লোপ পায়।

একটি বীকারে কোন নির্দিষ্ট পরিমাণ-ক্ষারের দ্রবণ লইয়া উহাতে ২।৩ ফোঁটা মিথাইল অরেঞ্জ দেওয়া হইলে দ্রবণের (ক্ষারীয় বলিয়া) বর্ণ হইবে হলুদ। এই দ্রবণে

অল্প অল্প করিয়া কোন অ্যাসিড যোগ করিলে দেখা যায় যে অ্যাসিড ক্ষারের সহিত যেমন যেমন মিশিতেছে কিছুটা ক্ষার তেমন তেমন বিক্রিয়া করিয়া লবণ ও জলে পরিণত হইতেছে। ফলে দ্রবণে ক্ষারের মাত্রা ক্রমশঃ হ্রাস পাইতেছে ও হলুদ বর্ণও ধীরে ধীরে ফিকে হইয়া যাইতেছে। অ্যাসিড মিশাইতে মিশাইতে এমন এক ক্ষণ উপস্থিত হয় যখন ক্ষারের প্রয়োজন (তুল্যাঙ্ক) মাত্রার অ্যাসিড মিশাইলে দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারের কোনটারই উদ্বৃত্ত বা ঘাট্‌তি থাকিবে না এবং দ্রবণ গোলাপী বর্ণ ধারণ করিবে।

দ্রবণে অ্যাসিড বা ক্ষারের ধর্ম লোপ পায় ; দ্রবণ বেগুণী বর্ণ ধারণ করিবে। এইরূপ দ্রবণকে প্রশমিত দ্রবণ বলা হয়। এরপর দ্রবণে সামান্যতম অ্যাসিড দিলে দ্রবণ স্পষ্টতঃই লাল বর্ণ ধারণ করিবে কিংবা সামান্যতম ক্ষার দিলে দ্রবণের বর্ণ হইবে নীল। **ঠিক ঠিক (তুল্যাঙ্ক) মাত্রার অ্যাসিড-ক্ষারের বিক্রিয়াকে বলা হয় প্রশমন বিক্রিয়া।** অ্যাসিড প্রদত্ত হাইড্রোজেন আয়ন (H^+) ও ক্ষার প্রদত্ত হাইড্রক্সিল আয়নের (OH^-) রাসায়নিক সংযোগে বিয়োজনঅক্ষম জলের অণু উৎপাদন করাকে বলে প্রশমন। প্রশমনের জন্য H^+ ও OH^- আয়নের সংখ্যা সমান হইতে হইবে।

$$NaOH + HCl = NaCl + H_2O$$

$$Na^+ + OH^- + H^+ + Cl^- = Na^+ + Cl^- + H_2O$$

অম্লের তুল্যাঙ্ক (Equivalent weight of an acid) :

অম্লের যত ভাগ পরিমাণ ওজনে এক ভাগ পরিমাণ ওজনের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে, অম্লের সেই পরিমাণকে অম্লের তুল্যাঙ্ক বলে। 36·46 ভাগ HCl-এ একভাগ প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে ; সুতরাং HCl-এর তুল্যাঙ্ক 36·46।

তুল্যাঙ্ককে যখন গ্রামে প্রকাশ করা হয়, তখন উহাকে গ্রাম তুল্যাঙ্ক বলে। অম্লের যত গ্রাম ওজনে এক গ্রাম প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে তত গ্রামকে সেই অম্লের গ্রাম তুল্যাঙ্ক বলে।

98 গ্রাম H_2SO_4 হইতে দুই গ্রাম হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপন করা যায় ;

$\therefore$ H_2SO_4-এর গ্রাম তুল্যাঙ্ক $= \frac{98}{2} = 49$ গ্রাম

$$\text{অর্থাৎ অম্লের তুল্যাঙ্ক} = \frac{\text{অম্লের আণবিক গুরুত্ব (Mol. wt.)}}{\text{অম্লের ক্ষার গ্রাহিতা (Basicity)}}$$

অম্লে যতটা প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন থাকে, প্রতি অ্যাসিড অণু জলে ততটা H^+ দেয় ; তাহাই অম্লের ক্ষারগ্রাহিতা (Basicity of the acid)।

ক্ষারের তুল্যাঙ্ক (Equivalent weight of an alkali) :

ক্ষারের যত ভাগ পরিমাণ ওজন কোন অম্লের এক তুল্যাঙ্ক সম্পূর্ণভাবে প্রশমিত করে, ক্ষারের সেই পরিমাণকে ক্ষারের তুল্যাঙ্ক বলে।

NaOH-এর তুল্যাঙ্ক 40, এবং গ্রাম তুল্যাঙ্ক 40 গ্রাম ; কারণ NaOH-এর 40 ভাগ ওজন HCl-এর 36·46 ভাগ বা H_2SO_4-এর 49 ভাগ ওজনকে প্রশমিত করে।

ক্ষারের যত গ্রাম ওজন এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক অম্লকে প্রশমিত করে, তাহাকেই ক্ষারের গ্রামতুল্যাঙ্ক বলে।

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

17 গ্রাম 36·46 গ্রাম

KOH-এর গ্রামতুল্যাঙ্ক, 56 গ্রাম ; কারণ 56 গ্রাম KOH, 36·46 গ্রাম HClকে বা 49 গ্রাম H_2SO_4 কে প্রশমিত করে।

এইরূপ $Ba(OH)_2$-এর গ্রাম তুল্যাঙ্ক $= \frac{74}{2} = 37$ গ্রাম।

আর্থৎ, ক্ষারের তুল্যাঙ্ক $= \dfrac{\text{ক্ষারের আণবিক গুরুত্ব (Mol. wt.)}}{\text{ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা (Acidity)}}$

ক্ষারের প্রতি অণু যতটা OH আয়ন জলে বিমুক্ত করে, তাহাই ক্ষারের অম্লগ্রাহিতা।

অন্য কথায়, কোন অ্যাসিডের যত ভাগ ওজন 1 মোল H^+ আয়ন প্রদান করে, তাহাই অ্যাসিডের গ্রামতুল্যাঙ্ক।

কোন ক্ষারের যতভাগ ওজন 1 মোল OH^- বিমুক্ত করে কিংবা 1 মোল H^+ গ্রহণ করে তাহাই ক্ষারের গ্রাম তুল্যাঙ্ক।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের (HCl) 1 মোল = 36·46 গ্রাম। 1 মোল HCl হইতে 1 মোল H^+ পাওয়া যায় ; কাজেই 1 মোল অর্থাৎ 36·46 গ্রাম HCl ই HCl এর গ্রাম তুল্যাঙ্ক। H_2SO_4-এর 1 মোল, 2 মোল H^+ প্রদান করে ; অ্যাসিডের 2 গ্রাম তুল্যাঙ্ক ভার হইতে 2 মোল H^+ পাওয়া যায়। H_2SO_4-এর 1 মোল = 98 গ্রাম = 2 গ্রামতুল্যাঙ্ক ; কাজেই H_2SO_4 এর গ্রাম তুল্যাঙ্ক ভার $= \frac{98}{2} = 49$ গ্রাম। H_3PO_4 এর 1 মোল হইতে 3 মোল H^+ পাওয়া যায় ; কাজেই 1 মোল H_3PO_4 (98 গ্রাম) = 3 গ্রামতুল্যাঙ্ক।

NaOH এর 1 মোল 1 মোল OH^- আয়ন দেয় ; কাজেই 1 মোল NaOH (=40 গ্রাম) ইহার 1 গ্রাম তুল্যাঙ্ক। $Ca(OH)_2$ এর ক্ষেত্রে 1 মোল $Ca(OH)_2$ (74 গ্রাম) = 2 গ্রামতুল্যাঙ্ক, যেহেতু 1 মোল $Ca(OH)_2$ হইতে 2 মোল OH^- পাওয়া যায়।

লবণের তুল্যাঙ্ক ভার ঃ (ক) কোন লবণের যত ভাগ ওজনে এক তুল্যাঙ্ক ভার হাইড্রোজেন সমতুল্য তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বা মূলক বর্তমান, তাহাকেই লবণের তুল্যাঙ্ক ভার বলে। যেমন (i) সোডিয়াম ক্লোরাইডের (NaCl) $23+35{\cdot}46 \equiv 58{\cdot}46$ ভাগ ওজনে 23 ভাগ ওজনের সোডিয়াম আছে ; ∴ Na এর তুল্যাঙ্ক ভার 23, অতএব NaCl এর তুল্যাঙ্ক ভার 58·46

(ii) সোডিয়াম কার্বনেটের Na_2CO_3 $(2\times23+12+3\times16)=106$ ভাগ ওজনে 46 ভাগ ওজনের Na আছে। কাজেই এই লবণের $\frac{106}{2}=53$ ভাগ ওজনে 23 ভাগ ওজন রহিয়াছে ; কাজেই Na_2CO_3 এর তুল্যাঙ্ক ভার 53

(খ) লবণের তুল্যাঙ্ক ভার = উহার ক্ষারীয় এবং অম্লীয় অংশের তুল্যাঙ্ক ভারের সমষ্টি ; যেমন (i) ক্যালসিয়াম সালফেটের ($CaSO_4$) তুল্যাংক ভার = Ca এর তুল্যাংক ভার + $SO_4{}^{2-}$ এর তুল্যাংক ভার = 20 + 48 = 68

(iii) সোডিয়াম বাই কার্বনেটের তুল্যাঙ্ক ভার = Na-এর তুল্যাঙ্ক ভার + HCO^{3-}-এর তুল্যাংক ভার = 23 + 61 = 84.

(গ) লবণের তুল্যাঙ্ক ভার

$$=\frac{\text{লবণের আণবিক ওজন}}{\text{লবণের অণুতে বর্তমান হাইড্রোজেন তুল্য মৌলের মোট যোজ্যতা}}$$

(i) অনার্দ্র সোডিয়াম সালফেটের (Na_2SO_4) তুল্যাঙ্ক ভার

$$=\frac{\text{আঃ ওজন}}{\text{Na এর মোট যোজ্যতা}}=\frac{2\times23+32+64}{1\times2}=71$$

(ii) সোডিয়াম বাই কার্বনেট, $NaHCO_3$ এর তুল্যাঙ্ক ভার

$$=\frac{23+1+12+64}{1}=84.$$

(iii) কপার সালফেটের ($CuSO_4, 5H_2O$) এর তুল্যাঙ্ক ভার

$$=\frac{63{\cdot}5+32+64+5\times18}{2}=124{\cdot}75$$

তুল্য দ্রবণ বা নর্মাল দ্রবণ (Normal solution)

কোন দ্রবণের এক লিটারে যদি দ্রাবের এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকে তাহাকে **তুল্য দ্রবণ** বা **নর্মাল দ্রবণ** বলা হয়। এইভাবে প্রকাশিত গাঢ়ত্বকে তুল্যাঙ্ক গাঢ়ত্ব (Normality) বলে। তুল্যদ্রবণ (N) অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। দ্রবণের প্রতি লিটারে যত গ্রাম তুল্যাঙ্ক দ্রবীভূত থাকে, তাহাই দ্রবণের তুল্যাঙ্ক মাত্রা (Normality)

যেমন (N) H_2SO_4	এর 1000 সি. সি.তে থাকে	49 গ্রাম H_2SO_4
(N) Na_2CO_3	,, ,, ,, ,,	53 গ্রাম Na_2CO_3
(N) $CuSO_4, 5H_2O$	,, ,, ,,	124·75 গ্রাম $CuSO_4,5H_2O$
(N) NaOH	,, ,, ,, ,,	40 গ্রাম NaOH
(N) $Ca(OH)_2$	,, ,, ,, ,,	37 গ্রাম $Ca(OH)_2$,

আণবিক দ্রবণ বা মোলার দ্রবণ (Molar solution)

কোন দ্রবণের এক লিটারে যদি দ্রাবের এক গ্রাম অণু (এক মোল) দ্রবীভূত থাকে তবে তাহাকে **আণবিক** বা **মোলার** দ্রবণ বলা হয়। এই ভাবে প্রকাশিত গাঢ়ত্বকে আণবিক গাঢ়ত্ব (molarity) বলে। আণবিক দ্রবণ (M) অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। দ্রবণের প্রতি লিটারে যত গ্রাম অণু বা মোল দ্রবীভূত থাকে তাহাই দ্রবণের আণবিক মাত্রা (molarity)

(M) H_2SO_4	এর 1000 সি.সি.তে থাকে	98 গ্রাম	H_2SO_4
(M) Na_2CO_3	,, ,, ,, ,,	106 ,,	Na_2CO_3
(M) $KMnO_4$	,, ,, ,, ,,	158 ,,	$KMnO_4$
(N) $C_6H_{12}O_6$	,, ,, ,, ,,	180 ,,	$C_6H_{12}O_6$
(M) NaOH	,, ,, ,, ,,	40 ,,	NaOH

[**NaCl, NaOH** প্রভৃতি তীব্র তড়িৎ যোজী যৌগ ; উহারা তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য (electrolyte)। উহাদের অণু বলিতে কিছু নাই। উহাদের কেলাস (crystal) পজিটিভ ও নেগেটিভ আয়ন দ্বারা সৃষ্ট। কঠিন অবস্থায় বিপরীত আয়নসমূহ দৃঢ় আকর্ষণে সংঘবদ্ধ। জলীয় দ্রবণে পজিটিভ ও নেগেটিভ আয়ন বন্ধনচ্যুত হইয়া পৃথক হইয়া পড়ে, অর্থাৎ দ্রবণে উহাদের পজিটিভ ও নেগেটিভ আয়ন বর্তমান থাকে। এই জাতীয় যৌগের দ্রবণের গাঢ়ত্ব বর্তমানে **ফরম্যালিটিতে** (formality) প্রকাশ করা হয়। দ্রবণের প্রতি লিটারে দ্রাবের গ্রাম সংকেত ওজন সংখ্যা বা ওজন-ফরম্যালিটি (weight formality) অর্থাৎ প্রতি 1000 গ্রাম দ্রাবকে দ্রাবের গ্রাম-সংকেত ওজন

(gram formula weight) সংখ্যা ব্যবহৃত হয়। এক লিটার দ্রবণে তড়িৎ বিশ্লেষ্য পদার্থের এক গ্রাম সংকেত ওজন দ্রবীভূত থাকিলে **তাহাকে এক ফরম্যাল** (IF) (formal) **দ্রবণ বলে**। সংখ্যার বিচারে গ্রাম অণু বা গ্রাম সংকেত ভারের কোন পার্থক্য নাই। [40 গ্রাম NaOH উহার এক গ্রাম অণু এবং এক সংকেত ভারও]

যে পদার্থের এক গ্রাম অণু ও এক গ্রাম তুল্যাঙ্ক সমান, সেই পদার্থের I M ও I N দ্রবণ একই।

1 M $H_2SO_4 \equiv 98$ গ্রাঃ H_2SO_4 ; 1N $H_2SO_4 \equiv 49$ গ্রাঃ H_2SO_4

অতএব 1 $MH_2SO_4 \equiv 2N\ H_2SO_4$

1 M $Na_2CO_3 \equiv 106$ গ্রাঃ Na_2CO_3 ; 1 N Na_2CO_3

$\equiv 53$ গ্রাঃ Na_2CO_3 অতএব 1 M $Na_2CO_3 \equiv 2N\ Na_2CO_3$

1 M HCl$\equiv$36·46 গ্রাঃ HCl ; 1N HCl$\equiv$36·46 গ্রাঃ HCl]

অতএব 1 M HCl$\equiv$1N HCl

1 M NaOH$\equiv$40 গ্রাঃ NaOH ; 1 NNaOH$\equiv$40 গ্রাঃ NaOH

অতএব 1 MNaOH$\equiv$1 N NaOH

1 M Ca $OH)_2 = 74$ গ্রাঃ $Ca(OH)_2$; 1 N $Ca(OH)_2$

$= 37$ গ্রাঃ Ca $OH)_2$ অতএব 1 M Ca $(OH_2) = 2$ N $Ca(OH)_2$

N. B. তুল্যদ্রবণ বা আণবিক দ্রবণ অত্যন্ত গাঢ় বলিয়া আয়তনিক বিশ্লেষণের কাজে উহাদের ভগ্নাংশকে ডেসি (deci) $\frac{1}{10}$, সেন্টি (centi) ($\frac{1}{100}$) দ্রবণ ব্যবহার করা হয়।

এক লিটারে দ্রাবের পরিমাণ	দ্রাবের পরিমাণ (গ্রাম)			দ্রবণের শক্তির মাত্রা ও সংকেত	দ্রবণের নাম
	H_2SO_4	NaOH	Na_2CO_3		
1 গ্রাম তুল্যাঙ্ক	49	40	53	1N	তুল্য দ্রবণ
1 গ্রাম অণু	98	40	106	1M	মোলার দ্রবণ
2 গ্রাম তুল্যাঙ্ক	98	80	106	2N	দ্বিগুণ তুল্য দ্রবণ
2 গ্রাম অণু	196	80	212	2M	দ্বিগুণ মোলার দ্রবণ
$\frac{1}{2}$ গ্রাম তুল্যাঙ্ক	24·5	20	26·5	$\frac{N}{2}$ বা 0·5N	অর্ধ (সেমি semi) তুল্য দ্রবণ
$\frac{1}{2}$ গ্রাম অণু	49	20	53	$\frac{M}{2}$ বা 0·5M	অর্ধ (সেমি) মোলার দ্রবণ
$\frac{1}{10}$ গ্রাম তুল্যাঙ্ক	4·9	4	5·3	$\frac{N}{10}$ বা 0·1N	দশমাংশ (ডেসি deci) তুল্য দ্রবণ
$\frac{1}{10}$ গ্রাম অণু	9·8	4	10·6	$\frac{M}{10}$ বা 0·1M	দশমাংশ (ডেসি) মোলার দ্রবণ
$\frac{1}{100}$ গ্রাম তুল্যাঙ্ক	·49	·4	·53	$\frac{N}{100}$ বা 0·01N	শতাংশ (সেন্টি, centi) তুল্য দ্রবণ
$\frac{1}{100}$ গ্রাম অণু	·98	·4	1·06	$\frac{M}{100}$ বা 0·01M	শতাংশ (সেন্টি) মোলার দ্রবণ

(N)H_2SO_4-এর 100 সি. সি.-তে বর্তমান থাকে $\frac{49}{1000} \times 100 = 4{\cdot}9$ গ্রাঃ H_2SO_4

আবার, $\left(\frac{N}{10}\right)$ H_2SO_4-এর 1000 সি. সি.-তে বর্তমান থাকে

$\frac{49}{10} = 4{\cdot}9$ গ্রাম H_2SO_4

অতএব 1000 সি. সি $\left(\frac{N}{10}\right)$ $H_2SO_4 \equiv 100$ সি. সি. (N) H_2SO_4

অথবা, 10 সি. সি. $\left(\frac{N}{10}\right)$ $H_2SO_4 \equiv 1$ সি. সি. (N) H_2SO_4

$\frac{N}{10}$ এর পরিবর্তে ·1 (N) লিখিলে

10 সি. সি. ·1 (N) $H_2SO_4 \equiv 10 \times {\cdot}1$ সি. সি. (N) H_2SO_4
$\equiv 1$ সি. সি. (N) H_2SO_4

এইরূপে দেখা যায় যে—

10 সি. সি. x (N) $H_2SO_4 = (10 \times x)$ সি. সি. (N) H_2SO_4 এবং

y সি. সি. x (N) যে-কোন অম্ল, ক্ষার বা যৌগিক $= y \times x$ সি. সি. (N) সেই অম্ল, বা ক্ষার বা যৌগিক।

আবার (M) H_2SO_4 এর 100 সি. সি. তে বর্তমান থাকে $\frac{98 \times 100}{1000} = 9{\cdot}8$ গ্রাম H_2SO_4

$\left(\frac{M}{10}\right)$ " 1000 সি.সি.তে " $\frac{98}{10} = 9{\cdot}8$ গ্রাম "

অতএব 1000 সি. সি $\left(\frac{M}{10}\right)$ $H_2SO_4 \equiv 100$ সি. সি (M)H_2SO_4

অথবা 10 সি. সি. $\left(\frac{M}{10}\right)$ $H_2SO_4 \equiv 1$ সি. সি. (M)H_2SO_4

1 সি. সি. $\left(\frac{M}{10}\right)$ $H_2SO_4 \equiv 0{\cdot}1$ সি. সি. (M)H_2SO_4

অর্থাৎ 10 সি.সি. 0·1 (M)$H_2SO_4 \equiv 10 \times 0{\cdot}1 = 1$ সি. সি (M H_2SO_4

এইভাবে দেখানো যায় যে, 10 সিসি x(M)$H_2SO_4 \equiv 10.x$ সি সি. (M)H_2SO_4

সাধারণভাবে y সি. সি. x(M) যে কোন অম্ল, ক্ষার, বা যৌগ $= y.x$ সি. সি. M সেই অম্ল, ক্ষার বা যৌগ।

এখানে অবশ্য মনে রাখিতে হইবে যে, কোন নির্দিষ্ট দ্রবণের গাঢ়ত্ব উহার আয়তনের পরিমাণের উপর নির্ভর করে না। 1 N বা 1 M দ্রবণের এক ফোঁটার গাঢ়ত্বও যাহা 100 বা 1000 সি.সি -র গাঢ়ত্বও তাহা ; উভয়েই 1 N বা 1 M। কিন্তু গ্রামঅণু

(মোল) বা গ্রাম তুল্যাঙ্কের সংখ্যা দ্রবণের আয়তনের উপর নির্ভর করে। 100 সি সি. $0{\cdot}100\ (N)H_2SO_4$ দ্রবণে গ্রাম তুল্যাঙ্ক $=\frac{100\times0{\cdot}1}{1000}=0{\cdot}01$; 1000 সি সি. $0{\cdot}100(N)\ H_2SO_4$ দ্রবণে গ্রাম তুল্যাঙ্ক $=\frac{1000\times0{\cdot}1}{1000}=0{\cdot}1$; তদ্রূপ, 100 সি.সি. $0{\cdot}100M\ H_2SO_4$ দ্রবণে মোলের সংখ্যা $\frac{100\times01{\cdot}001}{1000}=0{\cdot}01$ গ্রাম অণু বা মোল ; 1000 সি. সি. $0{\cdot}100M\ H_2SO_4$-এ মোলের সংখ্যা 0·1 মোল।

সাধারণভাবে, দ্রবণের লিটার আয়তন × দ্রবণের তুল্যাঙ্ক = দ্রাবের গ্রাম তুল্যাঙ্ক। দ্রবণের লিটার আয়তন × দ্রবণের আণবিক মাত্রা = দ্রাবের গ্রামঅণু।

গাণিতিক উদাহরণ

তুল্য দ্রবণের পরিপ্রেক্ষিতে নিম্নলিখিতগুলির আয়তন নির্ণয় কর :—

(ক) ·8 (N) HCl-এর 18 মি. লি. ; (খ) ·01 (N) NaOH-এর 25 মি. লি. ; (গ) 0·32 (N/10) HNO_3-র 5·2 মি লি.

(i) 18 মি. লি. ·8 (N) HCl = 18 × ·8 মি. লি. (N) HCl
= 14·4 মি. লি. (N) HCl

(ii) 25 মি. লি. ·01 (N) NaOH = 25 × ·01 মি. লি. (N) NaOH
= ·25 মি লি. (N) NaOH.

দ্রবণের এক প্রকারের মাত্রাকে অপর প্রকারে পরিবর্তন (Conversion of one strength into another) :

(১) **শতকরা মাত্রা হইতে তুল্যাঙ্ক মাত্রায়** (From percentage to normality) :—5%NaOH-এর অর্থ 100 সি. সি. দ্রবণে 5 গ্রাম NaOH দ্রাব বর্তমান, অথবা 1000 সি. সি. দ্রবণে 50 গ্রাম NaOH আছে। কিন্তু 1000 সি সি. দ্রবণে 40 গ্রাম NaOH থাকিলে দ্রবণটি এক তুল্যদ্রবণ বা নরম্যাল (N) হয়।

অতএব 1000 সি. সি. দ্রবণে 50 গ্রাম NaOH থাকিলে দ্রবণটি $\frac{50}{40}=1{\cdot}25$ তুল্য-দ্রবণ হয়।

অতএব 5%NaOH হইতেছে 1·25 (N) NaOH.

এইরূপে 4% NaOH-এর অর্থ $\frac{40}{40}$ (N) = (N) NaOH.

3% H_2SO_4-এর অর্থ $\frac{30}{40}$ (N) H_2SO_4

6%HCl-এর অর্থ $\frac{60}{3{\cdot}65}\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl ইত্যাদি

(২) তুল্যাঙ্ক মাত্রা হইতে লিটার প্রতি গ্রাম-মাত্রায় (From Normality to Gram per litre) :—

গ্রাম প্রতি লিটার = তুল্যাঙ্ক মাত্রা × গ্রাম তুল্যাঙ্ক

(Gms. per litre = Normality × Gram equivalent)

1000 সি. সি ·02 (N) H_2SO_4-এ থাকে (·03 × 49) গ্রাম H_2SO_4। এইরূপে 5 (N) HCl-এর অর্থ, প্রতি 1000 সি. সি.তে (5 × 36·46) গ্রাম HCl.

$\cdot 896\left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH-এর অর্থ, প্রতি 1000 সি. সি.তে ·896 × 40 গ্রাম NaOH। 100 সি. সি. 1·05 (N) Na_2CO_3 দ্রবণে (1·05 × 53) ÷ 10 = 5·565 গ্রাম Na_2CO_3 বর্তমান আছে।

(৩) লিটার প্রতি গ্রাম-মাত্রা হইতে তুল্যাঙ্ক মাত্রায় (From Gram per litre to normality) :—

তুল্যাঙ্ক মাত্রা = লিটার প্রতি গ্রাম ÷ গ্রাম-তুল্যাঙ্ক

Normality = Gms. per litre ÷ Gm equivalent

প্রতি লিটারে 4 গ্রাম NaOH-এর অর্থ $4 \div 40\ (N) = \left(\frac{N}{10}\right)$ NaOH

প্রতি লিটারে 49 গ্রাম H_2SO_4-এর অর্থ $= \frac{49}{49}\ (N) = (N)\ H_2SO_4$

প্রতি লিটারে 36·46 গ্রাম HCl-এর অর্থ $= \frac{36\cdot46}{36\cdot46}\ (N) = 1\ (N)$ HCl

চারিটি অতি প্রয়োজনীয় মূলসূত্র (Four Fundamental Principles)

(১) 1 সি. সি. (N) দ্রবণ ≡ 10 সি. সি. $\frac{N}{10}$ দ্রবণ

≡ 2 সি. সি. $\frac{N}{2}$ দ্রবণ

≡ 100 সি. সি. $\frac{N}{100}$ দ্রবণ

এইরূপে 20 সি. সি. $\frac{N}{5}$ দ্রবণ $\equiv \left(20 \times \frac{1}{5}\right) = 4$ সি. সি. (N) দ্রবণ

10 সি. সি. $\frac{N}{2}$ দ্রবণ $\equiv \left(10 \times \frac{1}{2}\right) = 5$ সি. সি. (N) দ্রবণ

15 সি. সি. $\frac{N}{3}$ দ্রবণ $\equiv \left(15 \times \frac{1}{3}\right) = 5$ সি. সি. (N) দ্রবণ

(২) **একই তুল্যাঙ্ক-মাত্রার অম্ল এবং ক্ষারের দ্রবণ সমান-আয়তনে পরস্পরকে প্রশমিত করে :**

আমরা জানি

(i) $NaOH + HCl = NaCl + H_2O$
40 গ্রাম 36·46 গ্রাম

(ii) $NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$
40 গ্রাম 63 গ্রাম

(iii) $NaOH + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2H_2O$
2 × 40 গ্রাম 98 গ্রাম
বা, 40 গ্রাম 49

উপরের অম্ল বা ক্ষারের রাসায়নিক বিক্রিয়ার সমীকরণ হইতে স্পষ্টই বুঝিতে পারা যায় যে, 40 গ্রাম NaOH, 36·46 গ্রাম HCl কে, 63 গ্রাম HNO_3-কে এবং 49 গ্রাম H_2SO_4-কে পৃথক পৃথক ভাবে প্রশমিত করে।

1000 সি. সি. (N) NaOH দ্রবণে 40 গ্রাম NaOH বর্তমান থাকে ; 1000 সি. সি. (N) HCl, 1000 সি. সি. (N) HNO_3, 1000 সি. সি (N) H_2SO_4 অ্যাসিডে যথাক্রমে 36·46 গ্রাম HCl, 63 গ্রাম HNO_3 ও 49 গ্রাম H_2SO_4 বর্তমান থাকে। সুতরাং 1000 সি. সি. (N) NaOH কে প্রশমিত করিতে HCl, HNO_3, H_2SO_4-র (N) তুল্যমাত্রায় 1000 সি. সি. প্রয়োজন হইবে। অথবা 1 সি. সি. (N) NaOH, 1 সি. সি. (N) যে-কোন অম্লকে প্রশমিত করিবে।

এইরূপে 1 সি. সি. (N)HCl, 1 সি. সি. (N) যে-কোন ক্ষারকে প্রশমিত করে অর্থাৎ 1 সি. সি. (N) যে কোন অম্ল, 1 সি. সি. (N) যে-কোম ক্ষারকে প্রশমিত করিবে।

(৩) $\frac{\text{অম্লের মাত্রা}}{\text{ক্ষারের মাত্রা}} = \frac{\text{ক্ষারের আয়তন}}{\text{ক্ষার প্রশমনে ব্যবহৃত অম্লের আয়তন}}$

অর্থাৎ $V \times S = V_1 \times S_1$

[V ও V_1 যথাক্রমে অম্ল ও ক্ষারের আয়তন, S ও S_1 অম্ল ও ক্ষারের মাত্রা—তুল্যাঙ্ক হিসাবে]।

(৪) **মাত্রার হ্রাসকরণ : (লঘুকরণ Reduction of Strength : Dilution) : মনে করা যাক,**

(i) 25 সি. সি. (N) অম্ল দ্রবণ≡15 সি. সি, মাত্রা-না-জানা (unknown strength) কোন একটি ক্ষার দ্রবণ।

স্পষ্টই দেখা যাইতেছে ক্ষারদ্রবণটি অম্ল দ্রবণ অপেক্ষা বেশী তীব্রতর এবং ক্ষার দ্রবণটিকে (N) তুল্যাঙ্ক মাত্রায় পরিণত করিতে আমাদের প্রতি 25 সি. সি. ক্ষার দ্রবণে $(25-15)=10$ সি. সি. জল দিতে হইবে।

(ii) 100 সি. সি. 1·5 (N) দ্রবণ $=(100\times 1{\cdot}5)=150$ সি. সি. (N) দ্রবণ। দ্রবণটির মাত্রা (N) তুল্যাঙ্ক মাত্রায় পরিণত করিতে হইলে দ্রবণের প্রতি 100 সি. সি.-তে $(150-100)=50$ সি. সি. জল দিতে হইবে।

(iii) 10 সি. সি. ·25$\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ $\equiv(10\times{\cdot}25)$ সি. সি. $\frac{N}{10}$ দ্রবণ

$=2{\cdot}5$ সি. সি. $\frac{N}{10}$ দ্রবণ $\equiv 25$ সি. সি. $\frac{N}{100}$

অতএব দ্রবণটির মাত্রা $\frac{N}{100}$তে কমাইতে হইলে প্রতি 10 সি. সি. দ্রবণে $(25-10)$ $=15$ সি. সি. জল দিতে হইবে।

গাণিতিক উদাহরণ

1. 20 সি. সি. Na_2CO_3-এর জলীয় দ্রবণকে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে 8·2 সি. সি. (N/10) HCl প্রয়োজন হয়। তুল্যাঙ্কের মাত্রায় Na_2CO_3-র মাত্রা নিরূপণ কর এবং লিটার প্রতি গ্রাম মাত্রায় নির্ণয় কর।

(a) মনে করা যাক, Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা x (N)

যেহেতু $V\times S=V_1\times S_1$; $20\times x(N)=8{\cdot}2\left(\frac{N}{10}\right)\equiv 8{\cdot}2(N)$

অথবা $x=({\cdot}82\div 20)={\cdot}041$

অতএব Na_2CO_3 দ্রবণটির মাত্রা ·041(N)

(b) 1000 সি. সি. N) Na_2CO_3 দ্রবণে 53 গ্রাম Na_2CO_3 থাকে,

অতএব 1000 সি. সি. ·041 (N) Na_2CO_3 দ্রবণে $(53\times{\cdot}041)=2{\cdot}173$ গ্রাম Na_2CO_3 থাকে।

2. 18 সি. সি. (N/2) HCl এর সহিত 20·6 সি. সি. 2(N)HCl এবং 16·4 সি. সি. (N/10) HCl মিশ্রিত করা হইল। দ্রবণটির মাত্রা নির্ণয় কর।

18 সি. সি. $\left(\frac{N}{2}\right)$HCl $=18\div 2=9$ সি. সি. (N) HCl;

20·6 সি. সি. 2 (N) HCl $=20{\cdot}6\times 2=41{\cdot}2$ সি. সি. (N)HCl 16·4 সি. সি. $\frac{N}{10}$HCl $\equiv 1{\cdot}64$ সি. সি. (N) HCl,

এখন, মিলিত দ্রবণটির আয়তন $(18+16{\cdot}4+20{\cdot}6)=55{\cdot}0$ সি. সি.

অতএব 55 সি. সি. মাত্রা-না-জানা $HCl \equiv (9+41{\cdot}2+1{\cdot}64)$

$$= 51{\cdot}84 \text{ সি. সি. (N) HCl}$$

মনে করা যাক মাত্রা-না-জানা HCl-এর মাত্রা $= x(N)$

$\therefore \quad 55 \times x(N) = 51{\cdot}84(N)$ অথবা $x = {\cdot}9425$

$\therefore$ মিশ্রিত দ্রবণটির মাত্রা ·9425 (N)

3. H_2SO_4-এর এক দ্রবণের 20 সি. সি. 3% Na_2CO_3-এর দ্রবণের 21·2 সি. সি-কে প্রশমিত করিতে পারে। অম্লটির মাত্রাকে কিরূপে দশমাংশ তুল্য দ্রবণে হ্রাস করিবে?

3% Na_2CO_3 দ্রবণের মাত্রা $= (30 \div 5{\cdot}3)\frac{N}{10}$

20 সি. সি. H_2SO_4 দ্রবণ $\equiv 21{\cdot}2$ সি. সি. $\frac{30}{5{\cdot}3}\left(\frac{N}{10}\right) Na_2CO_3$ দ্রবণ

$\equiv 21{\cdot}2 \times \frac{30}{5{\cdot}3}$ সি. সি. $\left(\frac{N}{10}\right) Na_2CO_3$ দ্রবণ

$\equiv 120$ সি. সি. $\left(\frac{N}{10}\right) Na_2CO_3$ দ্রবণ

$\equiv 120$ সি. সি. $\left(\frac{N}{10}\right) H_2SO_4$ দ্রবণ

সুতরাং অম্লের মাত্রাকে দশমাংশ তুল্য দ্রবণ মাত্রায় হ্রাস করিতে প্রতি 20 সি. সি. অম্লের দ্রবণে 100 সি. সি. জল বা প্রতি 1 সি. অম্লের দ্রবণে 5 সি. সি. জল দিতে হইবে।

4. এক টুকরা ম্যাগনেসিয়ামের ফিতাকে 40 সি. সি. (N/10) HCl-এ সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করা হইল। অবশিষ্ট অ্যাসিডিটির প্রশমনের জন্য 15 সি. সি. (N/5) NaOH-এর প্রয়োজন হয়। Mg-র ওজন নির্ণয় কর।

1 সি. সি. $\left(\frac{N}{5}\right)$ দ্রবণ $\equiv 2$ সি. সি. $\left(\frac{N}{10}\right)$ দ্রবণ

$\therefore$ 15 সি. সি. $\left(\frac{N}{5}\right)$ NaOH দ্রবণ $\equiv 30$ সি সি $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl দ্রবণ

গৃহীত $\frac{N}{10}$ HCl-র আয়তন $= 40$ সি. সি.।

অব্যবহৃত $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl-এর আয়তন $= 30$ সি. সি.

ব্যবহৃত $\left(\frac{N}{10}\right)$ HCl-এর আয়তন $=(40-30)=10$ সি. সি.

10 সি. সি. $\frac{N}{10}$ HCl-এ থাকে ·0365 গ্রাম HCl

≡·001 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক HCl = ·001 গ্রাম-তুল্যাঙ্ক Mg ≡ ·012 গ্রাম Mg

সুতরাং গৃহীত Mg-তারের ওজন ·012 গ্রাম।

5. NaOH-এর কোন এক দ্রবণের 30 সি. সি. 1 M HCl-এর 25 সি. সি. কে প্রশমিত করে। NaOH-এর আণবিক গাঢ়ত্ব (molarity) ও লিটার প্রতি গ্রাম মাত্রায় নির্ণয় কর।

$$\underset{\text{1 লিটার M দ্রবণ}}{NaOH} + \underset{\text{1 লিটার M দ্রবণ}}{HCl} \rightarrow NaCl + H_2O$$

সমীকরণ হইতে বুঝা যায় যে NaOH ও HCl-এর আণবিক দ্রবণ সমআয়তনে পরস্পর পরস্পরকে প্রশমিত করে ; HCl-এর আয়তন কম লাগে, কাজেই HCl দ্রবণ অধিকতর গাঢ় (আণবিক গাঢ়ত্বের বিচারে)। অতএব NaOH-এর গাঢ়ত্ব $=\frac{25}{30}$ M বা 0·833 M। যেহেতু NaOH-এর আণবিক ভার 40, কাজেই NaOH দ্রবণটিতে $40 \times 0·833$ গ্রাম/লিটার = 33·32 গ্রাম/লিটার।

6. 15·0 গ্রাম অবিশুদ্ধ অনার্দ্র সোডিয়াম কার্বনেটকে (উহাতে সামান্য পরিমাণে NaCl অপদ্রব্য রহিয়াছে) 250 সি. সি. জলে দ্রবীভূত করা হইল। দ্রবণের 25 সি. সি.-কে প্রশমন করিতে 24·5 সি. সি. M HCl দরকার হইল। Na_2CO_3-এ NaCl-এর শতকরা পরিমাণ কত ?

$$\underset{\text{106 গ্রাম}}{Na_2CO_3} + \underset{\text{2 লিটার M দ্রবণ}}{2HCl} \rightarrow 2NaCl + H_2O + CO_2$$

2000 সি. সি. M HCl ≡ 106 গ্রাম Na_2CO_3

24·5 সি. সি. M HCl $\equiv \frac{106 \times 24·5}{2000}$ গ্রাম Na_2CO_3

25 সি. সি. দ্রবণে Na_2CO_3-র পরিমাণ $=\frac{106 \times 24·5}{2000}$ গ্রাম

250 সি. সি. দ্রবণে Na_2CO_3-র পরিমাণ $=\frac{106 \times 24·5 \times 250}{2000 \times 25}$ গ্রাম

$= 13·0$ গ্রাম (প্রায়)।

অতএব মিশ্রণে NaCl-এর পরিমাণ $(15-13.0)=2$ গ্রাম এবং উহার শতকরা পরিমাণ $=\frac{2\times100}{15}=13.3$।

7. 50 সি সি, 0.50 M H_2SO_4-এর দ্রবণের সহিত 75 সি, সি 0.25 M H_2SO_4 মিশ্রিত করা হইল। দ্রবণের গাঢ়ত্ব কত ?

0.50M H_2SO_4 এর 50 সি সি. তে বর্তমান থাকে $\frac{50\times0.50}{1000}$ মোল H_2SO_4

0.25M H_2SO_4 এর 75 সি. সি. তে বর্তমান থাকে $\frac{75\times0.25}{1000}$ মোল H_2SO_4

$$\text{মোট মোল সংখ্যা}=\frac{50\times0.50}{1000}+\frac{75\times0.25}{1000}=0.044,$$

মিশ্রিত দ্রবণের $50+75=125$ সি. সি, তে 0.044 মোল বর্তমান থাকে

স্থতরাং চূড়ান্ত আণবিক গাঢ়ত্ব $=\frac{0.044\times1000}{125}=0.35\text{M } H_2SO_4$

8. (i) 2N H_2SO_4 এর 15 সি. সি. তে জল মিশাইয়া 200 সি. সি. করা হইল। কত আয়তনের 36N H_2SO_4 উহাতে দিলে মিশ্রণের শক্তির মাত্রা 2N হইবে ? (মিশ্রণের আয়তনের পরিবর্তন উপেক্ষণীয়)।

ধরা যাক V সি. সি. 36N H_2SO_4 দরকার। মিশ্রণের মোট আয়তন $(200+V)$ সি সি। তাহা হইলে $15\times2N+V\times36N=(200+V)\times2N$ বা, $V=10.88$ সি. সি।

(ii) কি অনুপাতে 0.25 (N) ও 0.4 (N) দুইটি অ্যাসিড পরস্পর মিশাইলে মিশ্রিত দ্রবণের মাত্রা 0.32 (N) হইবে ?

ধরা যাক 0.25 (N) অ্যাসিডের V সি. সি ও 0.4 (N) অ্যাসিডের V′ সি. সি. মিশানো হইল।

V সি. সি. 0.25 (N) অ্যাসিড ≡ 0.25 V সি. সি. (N) অ্যাসিড

V′ „ 0.4 (N) „ ≡ 0.4 V′ সি. সি. (N) অ্যাসিড

অতএব 0.25 সি. সি. (N) অ্যাসিড + 0.4 V′ সি সি. (N) অ্যাসিড

≡ (V + V′) সি. সি. 0.32 (N) অ্যাসিড

বা, $0.25\,V+0.40\,V'=0.32\,(V+V')$

বা, $0.25\,V+0.40\,V'=0.32\,V+0.32\,V'$

বা, $0{\cdot}07\ V = 0{\cdot}08\ V'$

বা, $\frac{V}{V'} = \frac{0{\cdot}08}{0{\cdot}07} = \frac{8}{7}$.

∴ অ্যাসিড দুইটির আয়তন অনুপাত = প্রথম অ্যাসিড : দ্বিতীয় অ্যাসিড 8 : 7

9. 3·50 M H_2SO_4-এর 50 সি. সি. দ্রবণকে 2M H_2SO_4-এ পরিণত করিতে হইলে কত আয়তনে লঘু করিতে হইবে ?

মনে করা যাক, নির্দিষ্ট আয়তন x সি. সি. ; তাহা হইলে

50 সি. সি. 3·50 M $H_2SO_4 \equiv x$ সি. সি. 2M H_2SO_4

50 × 3·50 সি. সি. M$H_2SO_4 \equiv x$ 2 সি. সি. MH_2SO_4

$x.\ 2 = 50 \times 3{\cdot}50$ বা $x = \frac{50 \times 3{\cdot}50}{2} = 87{\cdot}5$ সি. সি.

সুতরাং 50 সি. সি. কে 87·5 সি. সি. তে লঘু করিতে হইবে।

10. 0·025M H_3PO_4 এর কত সি. সি. 0·030M $Ca(OH)_2$ এর 25 সি. সি. কে প্রশমিত করিবে ?

0·030M $Ca(OH)_2$ এর 25 সিসিতে $\frac{25 \times 0{\cdot}030}{1000} = 0{\cdot}00075$ মোল বর্তমান

$$3Ca(OH)_2 + 2H_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2O$$

3 মোল $Ca(OH)_2$র জন্য দরকার 2 মোল H_3PO_4.

0·00075 $Ca(OH)_2$র জন্য দরকার $\frac{2 \times 0{\cdot}00075}{3} = 0{\cdot}00050$ মোল H_3PO_4

0·25 M H_3PO_4এর অর্থ 0·025 মোল H_3PO_4 100 সিসিতে

0·00050 মোল H_3PO_4 $\frac{0{\cdot}00050 \times 1000}{0{\cdot}025}$ বা 20 সি. সি.

বিকল্প পদ্ধতি :

0·030M $Ca(OH)_2 \equiv 0{\cdot}060$ N $Ca(OH)_2$; 0·025M $H_3PO_4 \equiv$ 0·075N H_2SO_4

0·030M $Ca(OH)_2$ দ্রবণের 25 সি. সি. তে $\frac{25 \times 0{\cdot}060}{1000}$

= 0 0015 গ্রাঃ তুল্যাঙ্ক

0·0015 গ্রাঃ তুঃ $Ca(OH)_2$র প্রশমনের জন্য দরকার 0·00015 গ্রাঃ তুঃ অ্যাসিড

0·075N H_3PO_4 অর্থাৎ 0·075 গ্রাঃ তুঃ অ্যাসিডে থাকে 100 সি. সি.

অতএব 0·0015 গ্রাঃ তুঃ „ „ $\frac{0{\cdot}0015 \times 1000}{0{\cdot}075} = 20$ সি. সি.

11. 25 সি. সি. NaOH দ্রবণ ঠিক 22·5 সি. সি. একটি দ্বি-ক্ষারী অম্লকে (250 সি. সি. তে 1·4175 গ্রাম) প্রশমিত করিতে পারে, অম্লটির আণবিক ভর = 126 ; এবং ঐ একই NaOH দ্রবণের 10 সি. সি. ঠিক 8 সি. সি. H_2SO_4 দ্রবণকে প্রশমিত করে। H_2SO_4-এর মাত্রা তুল্যাঙ্ক মাত্রায় নির্ণয় কর।

দ্বি-ক্ষারী অম্লের তুল্যাঙ্ক = আণবিক গুরুত্ব ÷ 2 = 126 ÷ 2 = 63

অতএব দ্বি-ক্ষারী অম্লটির তুল্যাঙ্ক দ্রবণে প্রতি 1000 সি. সি. তে 63 গ্রাম অম্ল বর্তমান থাকে।

এখানে, দ্বি-ক্ষারী অম্লটির 250 সি. সি. তে 1·4175 গ্রাম অম্ল আছে। অতএব অম্লটির 1000 সি. সি, তে $(1{\cdot}4175) \times \frac{1000}{250} = 5{\cdot}67$ গ্রাম অম্ল আছে।

সুতরাং অম্লের মাত্রা $\left(\frac{5{\cdot}67}{63}\right) N = {\cdot}09\,(N)$

আবার 25 সি. সি. NaOH দ্রবণ ≡ 22·5 সি. সি. দ্বি-ক্ষারী অম্লের দ্রবণ।

অথবা 10 সি. সি. NaOH দ্রবণ ≡ 9 সি. সি. দ্বি-ক্ষারী অম্লের দ্রবণ।

কিন্তু 10 সি. সি. NaOH দ্রবণ ≡ 8 সি. সি. H_2SO_4 দ্রবণ (প্রশ্নানুসারে)

সুতরাং 8 সি. সি. H_2SO_4 ≡ 9 সি. সি. দ্বি-ক্ষারী অম্লের দ্রবণ

মনে করা যাক্ H_2SO_4-র মাত্রা x (N)

অতএব $x\,(N) \times 8 = 9 \times {\cdot}09\,(N)$

অথবা $x = \frac{9 \times {\cdot}09}{8} = {\cdot}1012$

অতএব H_2SO_4 দ্রবণের মাত্রা = ·1012 (H)

অনুশীলনী

1. একটি চুনাপাথরের নমুনাতে 60% $CaCO_3$ বর্তমান আছে। ঐ চুনাপাথরের পরিমাণ কত হইলে যাহা প্রয়োজন অনুপাতে CO_2 উৎপন্ন করিয়া এক লিটার (N) NaOH-কে Na_2CO_3-তে পরিণত করিবে ? [83·3 ভাগ ওজন]

2. 7·5 গ্রাম $(NH_4)_2SO_4$-কে অতিরিক্ত মাত্রায় NaOH-এর সহিত ফুটাইয়া যে NH_3 পাওয়া গেল উহাকে 50 সি. সি. (N) H_2SO_4-এর মধ্য দিয়া চালনা করিয়া যে দ্রবণ পাওয়া গেল উহাকে প্রশমিত করিতে 8 সি. সি. ·5 (N) NaOH-এর প্রয়োজন হইল। $(NH_4)_2SO_4$-এ NH_3 এবং নাইট্রোজেনের শতকরা হার নির্ণয় কর। [10·42% ; 8·58%]

3. 12·5 সি. সি. কোন মাত্রা-না-জানা NaOH দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 16·4 সি. সি. (N/10) HCl-এর প্রয়োজন হয়। 100 সি. সি. ঐ রূপ NaOH দ্রবণে কত আয়তন জল মিশাইলে উহাকে দশমাংশ তুল্য দ্রবণে পরিণত করা যাইবে ? [31·2 সি. সি.]

4. এক লিটার 0·50 N মাত্রার ও 0·50 M মাত্রার H_2SO_4 দ্রবণ তৈয়ার করিতে 58% H_2SO_4 এর কত পরিমাণ ওজন প্রয়োজন হইবে? [82·28 গ্রাম ; 84·48 গ্রাম]

$1{\cdot}05 \frac{N}{10}$ মাত্রার 25 সি. সি. Na_2CO_3 দ্রবণকে প্রশমিত করিতে 20·1 সি. সি. H_2SO_4 দ্রবণের প্রয়োজন হয়। সঠিক $\frac{N}{10}$ মাত্রার এক লিটার H_2SO_4 দ্রবণ প্রস্তুত করিতে হইলে কত আয়তন উপরোক্ত অ্যাসিডের সহিত কত আয়তন জল মিশাইতে হইবে? এই টাইট্রেশনে কি নির্দেশক ব্যবহার করা উচিত? [765·7 সি. সি.]

5. 10 সি. সি. একটি ক্ষার দ্রবণ 20 সি. সি. একটি H_2SO_4 দ্রবণকে প্রশমিত করে। আবার উক্ত ক্ষার দ্রবণের 25 সি. সি. 40 সি. সি. একটি HCl দ্রবণকে প্রশমিত করে। অম্ল দ্রবণ দুইটি শক্তির তুলনা কর।

6. 0·5 N H_2SO_4 এর 100 সি. সি. একটি ধাতুর 0·21 গ্রামকে দ্রবীভূত করে। অতিরিক্ত অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে তুল্য মাত্রা 32·5 সি. সি. ক্ষার প্রয়োজন হইল ধাতুটির তুল্যাঙ্ক কত? [12]

7. অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম ক্লোরাইডের একটি মিশ্রণের 2 গ্রাম (N)NaOH এর 50 সি. সি.-র সহিত উত্তপ্ত করিয়া সম্পূর্ণ অ্যামোনিয়া দূর করা হইল। অতঃপর অতিরিক্ত ক্ষার প্রশমিত করিতে 20 সি. সি. N H_2SO_4 প্রয়োজন হইল। মিশ্রণটিতে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইডের শতকরা মাত্রা কত ছিল? [80·25%]

8. গাঢ় H_2SO_4র (আপেক্ষিক ঘনত্ব 1·83) 10 সি. সি.-কে জল সহযোগে 1 লিটার করা হইল। এই লঘু H_2SO_4র 20 সি. সি. 28 সি. সি. 0·2aN Na_2CO_3কে প্রশমিত করে। H_2SO_4 শতকরা পরিমাণ কত? [93·7]

9. (i) 6·44 গ্রাঃ কোন একটি ধাতুকে পুরাপুরি দ্রবীভূত করিতে ঠিক ঠিক 196 সি. সি. 10% HCl দরকার হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক ভার কত? [12]

(ii) 0·21 গ্রাঃ কোন ধাতু 50 সি. সি. (N) H_2SO_4 এ যোগ করা হইল। ধাতুটিকে সম্পূর্ণরূপে দ্রবীভূত করিবার পর কিছু অ্যাসিড উদ্বৃত্ত থাকিয়া গেল; এই উদ্বৃত্ত অ্যাসিডকে প্রশমিত করিতে 65 সি. সি. $\frac{N}{10}$ NaOH প্রয়োজন হয়। ধাতুটির তুল্যাঙ্ক ভার নির্ণয় কর। [12]

10. 1·48 গ্রাম $NaHCO_3$ ও Na_2CO_3-এর একটি মিশ্রণকে জলে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণের আয়তন 250 সি. সি. করা হইল। এই দ্রবণের 25 সি. সি. 20·85 সি. সি. 0·12 (N) H_2SO_4 প্রশমিত করে। মিশ্রণে $NaHCO_3$ ও Na_2CO_3-এর % মাত্রা নির্ণয় কর। [$NaHCO_3$=28·4%, Na_2CO_3=71·6%]

11. H_2SO_4 ও HCl-র একটি অ্যাসিড মিশ্রণের 10 সি. সি. কে সম্পূর্ণরূপে প্রশমিত করিতে 16 সি. সি. $\frac{N}{8}$ NaOH দ্রবণ দরকার হয়। উক্ত অ্যাসিডের 20 সি. সি. অতিরিক্ত $BaCl_2$-এর সহিত বিক্রিয়ায় 0·35101 গ্রাঃ $BaSO_4$ অধঃক্ষিপ্ত করে। লিটার প্রতি HCl-এর পরিমাণ নির্ণয় কর।

অষ্টম পরিচ্ছেদ

জারণ ও বিজারণ

(Oxidation and Reduction)

জারণ-বিজারণ রাসায়নিক বিক্রিয়া সমূহের মধ্যে অন্যতম প্রধান। যে বিক্রিয়ায় কোন পদার্থের সহিত অক্সিজেনের সংযোগ ঘটে, সীমাবদ্ধ অর্থে তাহাকেই জারণ বলে। যেমন C, S প্রভৃতি O_2 সহযোগে যথাক্রমে CO_2 ও SO_2-এ পরিবর্তন হইলে C ও S জারিত হয়। আবার যে বিক্রিয়ায় কোন যৌগিক হইতে হাইড্রোজেনের অপসারণ ঘটে তাহাও জারণবিক্রিয়া; হাইড্রোজেন সালফাইড ও ক্লোরিনের বিক্রিয়ায় সালফার ও হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। $\overbrace{H_2S + Cl_2 = 2HCl + S}^{\text{জারণ}}$। এখানে H_2S হইতে H_2 অপসারিত হওয়ায় ইহা জারিত হইয়া S উৎপন্ন করিয়াছে। অক্সিজেন প্রদানে বা হাইড্রোজেন অপসারণে সক্ষম পদার্থকে বলে **জারক** পদার্থ। অক্সিজেন তড়িৎ-ঋণাত্মক, হাইড্রোজেন তড়িৎধনাত্মক মৌল। কোন পদার্থে অক্সিজেন যুক্ত হওয়া আর সেই পদার্থে অন্য কোন তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের যুক্ত হওয়া উভয়ই অনুরূপ বিক্রিয়া। আয়রন (II) অক্সাইডের আয়রন (III) অক্সাইডে পরিবর্তন আর আয়রন (II) ক্লোরাইডের আয়রন (III) ক্লোরাইডে পরিবর্তন সমতুল্য বিক্রিয়া।

$$4FeO + O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3\ ;\ \ 2FeCl_2 + Cl_2 \rightarrow 2FeCl_3.$$

ক্লোরিন দ্বারা আয়রন (II) ক্লোরাইডকে আয়রন (III) ক্লোরাইডে পরিবর্তনকে জারণ বলা যায়, যদিও এই ক্ষেত্রে কোন অক্সিজেনের আদান প্রদান ঘটে নাই।

$2FeSO_4 + H_2SO_4 + O = Fe^2(SO_4)_3 + H_2O$; $2Fe(OH)_2 + H_2O + O = 2Fe(OH)_3$ প্রভৃতিও এই রকমের জারণ ক্রিয়ার দৃষ্টান্ত।

অতএব যে বিক্রিয়ায় কোন পদার্থে অক্সিজেন বা অন্য কোন তড়িৎ ঋণাত্মক পরমাণু বা মূলক যুক্ত হয় বা তাহাদের অনুপাত বৃদ্ধি পায় অথবা কোন যৌগিক হইতে হাইড্রোজেন বা অন্য কোন তড়িৎ ধনাত্মক পরমাণু বা পরমাণু সমষ্টির বিয়োগ বা হ্রাস ঘটে সেই বিক্রিয়াকে জারণ (Oxidation) বলা হয়। জারণের ফলে পরমাণুর যোজ্যতা বৃদ্ধি পায়।

বিজারণ ঃ বিজারণ-বিক্রিয়া জারণ ক্রিয়ার ঠিক বিপরীত। যে বিক্রিয়ায় কোন পদার্থে হাইড্রোজেন সংযুক্ত হয় বা কোন যৌগিক হইতে অক্সিজেন দূরীভূত হয়, সীমাবদ্ধ অর্থে তাহাকেই **বিজারণ** ক্রিয়া বলে।

$$\overbrace{CuO+H_2=Cu}^{\text{বিজারণ}\downarrow}+H_2O$$

হাইড্রোজেন প্রদানে বা অক্সিজেন দূরীকরণে সক্ষম পদার্থকে বলে **বিজারক পদার্থ।** হাইড্রোজেন CuO হইতে O_2 সরাইয়া লইয়াছে। কাজেই CuO বিজারিত হইয়াছে এবং H_2 একটি বিজারক পদার্থ। বিজারণের ফলে যোজ্যতা হ্রাস পায়।

ব্যাপক অর্থে, যে বিক্রিয়ায় কোন পদার্থে হাইড্রোজেন বা অপর কোন তড়িৎ ধনাত্মক মৌল বা মূলকের সংযোগ বা অনুপাত বৃদ্ধি ঘটে অথবা কোন পদার্থ হইতে অক্সিজেন বা অপর কোন তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল বা মূলকের বিয়োগ বা উহাদের অনুপাতে হ্রাস পায়, সেই বিক্রিয়াকে বিজারণ বলে।

জারক ও বিজারক পদার্থ ঃ

যে পদার্থ অপর কোন পদার্থের জারণ ঘটায়, কিন্তু নিজে বিজারিত হয় তাহাকে **জারক পদার্থ** বলে এবং যাহার জারণ ঘটে তাহাকে জারিত পদার্থ বলে। অক্সিজেন, ক্লোরিন, হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড (H_2O_2), ওজোন (O_3) নাইট্রিক অ্যাসিড, পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেট পটাসিয়াম ডাইক্রোমেট প্রভৃতি জারক পদার্থ।

যে পদার্থ অপর কোন পদার্থের বিজারণ ঘটায়; কিন্তু নিজে জারিত হয়; তাহাকে **বিজারক পদার্থ** বলে এবং যাহার বিজারণ ঘটে, তাহাকে বিজারিত পদার্থ বলা হয়। হাইড্রোজেন, হাইড্রোজেন সালফাইড, কার্বন, কার্বন মনোক্সাইড, সালফার ডাই-অক্সাইড, ধাতু প্রভৃতি বিজারক পদার্থ।

জারক ও বিজারক পদার্থের পরীক্ষা ঃ

(ক) জারক পদার্থ (i) KI দ্রবণ হইতে I_2 বিমুক্ত করে, (ii) H_2S হইতে S অধঃক্ষিপ্ত করে (iii) সবুজাভ আয়রন (II) লবণকে আয়রন (III) লবণে (হলুদ রং) পরিণত করে (iv) HCl হইতে Cl_2 গ্যাস নির্গত করে।

(খ) বিজারক পদার্থ (i) I_2 দ্রবণকে বর্ণহীন করে (ii) আয়রন (III) লবণকে আয়রন (II) লবণে পরিণত করে (iii) অম্লীকৃত $KMnO_4$ এর গোলাপী দ্রবণকে বর্ণহীন করে (iv) অম্লীকৃত $K_2Cr_2O_7$ এর কমলা রঙের দ্রবণকে সবুজ করে।

জারণ ও বিজারণ একই সঙ্গে ঘটে ঃ

জারণ ও বিজারণ একই সঙ্গে ঘটিয়া থাকে; কোন বিক্রিয়ায় যদি একটি পদার্থ জারিত বা বিজারিত হয়, তাহা হইলে অপর একটি সঙ্গে সঙ্গে বিজারিত

বা জারিত হইবেই হইবে। যেমন Cl_2 ও H_2S-এর বিক্রিয়ায় HCl উৎপন্ন হয় এবং সালফার অধঃক্ষিপ্ত হয়। $H_2S + Cl_2 = 2HCl + S$ এই বিক্রিয়ায় জারক পদার্থ Cl_2 বিজারিত হইয়া (H_2-এর সঙ্গে সংযুক্ত হইয়া) HCl-এ পরিণত হইয়াছে এবং বিজারক পদার্থ H_2S (H_2-এর অপসারণের ফলে) S-এ জারিত হইয়াছে। উত্তপ্ত CuO-এর উপর দিয়া H_2 গ্যাস পরিচালনা করিলে CuO, Cu-এ বিজারিত হয় এবং H_2 জলীয় বাষ্পে জারিত হয়।

বিজারক | জারণ | ; জারক | বিজারণ |

$$H_2S + Cl_2 = 2HCl + S \qquad CuO + H_2 = Cu + H_2O$$

জারক | বিজারণ | বিজারক | জারণ |

জারণ ও বিজারণের ইলেকট্রণীয় ব্যাখ্যা :

ইলেকট্রণীয় মতবাদ হইতে জানা গিয়াছে যে পরমাণু সামগ্রিকভাবে রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে না ; পরমাণুর সর্ববহিঃস্থ স্তরের ইলেকট্রনের আদান প্রদানের মাধ্যমেই বিক্রিয়া নিষ্পন্ন হয়। সেই বিচারে সমস্ত রাসায়নিক বিক্রিয়া দুই শ্রেণীতে পড়ে :

(ক) এক শ্রেণীর বিক্রিয়ায় ইলেকট্রনের কোন স্থানান্তর ঘটেনা ; কাজেই পরমাণু বা আয়নের যোজ্যতার কোন পরিবর্তন হয় না। যেমন—

$$\overset{2+}{Ba}\overset{1-}{Cl_2} + \overset{1+}{Na_2}\overset{2-}{(SO_4)} = \overset{2+}{Ba}\overset{2-}{(SO_4)} + 2\overset{1+}{Na}\overset{1-}{Cl}$$

(খ) দ্বিতীয় শ্রেণীর বিক্রিয়া ইলেকট্রনের দেওয়া ও নেওয়ার দ্বারা নিষ্পন্ন হয় ; কাজেই পরমাণু বা আয়নের যোজ্যতার পরিবর্তন ঘটে। যেমন

$$2\overset{3+}{Fe}\overset{1-}{Cl_3} + \overset{2+}{Sn}\overset{1-}{Cl_2} = \overset{4+}{Sn}\overset{1-}{Cl_4} + 2\overset{2+}{Fe}\overset{1-}{Cl_2}$$

বিক্রিয়ার ফলে Sn (II) আয়ন ইলেকট্রন বর্জন করিয়াছে এবং Fe (III) আয়ন তাহা গ্রহণ করিয়াছে। সেইজন্য Sn (II) এর যোজ্যতা +2 হইতে 4+-এ বৃদ্ধি পাইয়াছে এবং Fe (III)র যোজ্যতা 3+ হইতে 2+তে হ্রাস পাইয়াছে। জারণ-বিজারণ শেষোক্ত শ্রেণীভুক্ত। হাইড্রোজেন ও ধাতব পরমাণুর ইলেকট্রন পরিত্যাগ করিয়া পরা বিদ্যুৎবাহী আয়নে এবং অধাতব পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অপরা বিদ্যুৎবাহী আয়নে পরিণত হয়। যে বিক্রিয়ায় কোন পরমাণু বা আয়ন হইতে ইলেকট্রন অপসারিত হয় তাহাকে **জারণ** বিক্রিয়া বলে।

যে বিক্রিয়ায় কোন পরমাণু বা আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করে তাহাকে **বিজারণ** বিক্রিয়া বলে। জারক পদার্থ ইলেকট্রন গ্রহণ করে (নিজে বিজারিত হয়) অর্থাৎ

উহা ইলেকট্রন গ্রহীতা (electron acceptor)। বিজারক পদার্থ ইলেকট্রন ত্যাগ করে (নিজে জারিত হয়) অর্থাৎ উহা ইলেকট্রন দাতা (electron donor)।

স্পষ্টই দেখা যাইতেছে জারণে ক্যাটায়নের যোজ্যতা বৃদ্ধি পায় আর অ্যানায়নের যোজ্যতা হ্রাস পায়। বিজারণে ইহার বিপরীত ঘটে অর্থাৎ ক্যাটায়নের যোজ্যতা হ্রাস পায় আর অ্যানায়নের যোজ্যতা বৃদ্ধি পায়। মুক্ত অবস্থায় যে কোন মৌলের যোজ্যতা শূন্য ধরা হয়। সুতরাং ধাতু যখন ক্যাটায়নে (ইলেকট্রন বর্জন) পরিণত হয়, তখন উহার জারণ ঘটে এবং অধাতু যখন অ্যানায়নে (ইলেকট্রন গ্রহণ) পরিণত হয় তখন উহা বিজারিত হয়।

Na ও Cl_2 এর বিক্রিয়াকালে সোডিয়াম পরমাণু ইলেকট্রন ছাড়িয়া দিয়া জারিত হয় এবং ক্লোরিন পরমাণু সেই ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিজারিত হয়।

$$\overset{\text{জারণ}\ (-e)}{Na^{\circ} + Cl^{\circ} \longrightarrow Na^{+}Cl^{-}}\ (\text{বিজারণ}\ +e)\ ; \quad 2\overset{2+}{Fe}\overset{1-}{Cl_2} + Cl_2^{\circ} \longrightarrow 2\overset{3+}{Fe}\overset{1-}{Cl_3}\ (\text{জারণ}\ -e;\ \text{বিজারণ}\ -e)$$

$$2Fe^{2+} - 2e \xrightarrow{\text{জারণ}} 2Fe^{3+}\ ; \quad 2Cl^{\circ} + 2 \xrightarrow{\text{বিজারণ}} 2Cl^{1-}$$

(i) $Fe^{\circ} + Cu^{2+}\overset{2-}{SO_4} = Cu^{\circ} + Fe^{2+}(SO_4)^{2-}$; ($-2e$)

$$\text{জারণ: } Fe^{\circ} - 2e \longrightarrow Fe^{2+}$$
$$\text{বিজারণ: } Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu^{\circ}$$

(ii) $H_2^{\circ} + CuO = \overset{+}{H_2} + O^{2-} + Cu^{\circ}$ ($-2e$)

$$\text{বিজারণ: } Cu^{2+} + 2e \longrightarrow Cu^{\circ}$$
$$\text{জারণ: } 2H^{\circ} - e \longrightarrow 2H^{+}$$

(iii) $H_2^{+}S^{2-} + Br^{\circ}_2 \rightarrow S^{\circ} + H^{+}Br^{-}$; ($-2e$)

$$\text{জারণ: } S^{2-} - 2e \longrightarrow S^{\circ}$$
$$\text{বিজারণ: } 2Br + 2e \longrightarrow 2Br^{-}$$

(iv) $(\overset{4+}{S}O_3)^{2-} + I_2 + H_2O \rightarrow (\overset{6+}{S}O_4)^{2-} + 2I^{-} + 2H^{+}$; ($-2e$)

$$\text{জারণ: } SO_3{}^{2-} - 2e \longrightarrow SO_4{}^{2-}$$
$$\text{বিজারণ: } I_2 + 2e \longrightarrow 2I^{-}$$

জারক পদার্থ যতটা ইলেকট্রন লাভ করে, বিজারক পদার্থ ততটা ইলেকট্রন দান করে। টিন (II) ক্লোরাইডের দ্রবণ, আয়রন (III) ক্লোরাইডের দ্রবণের সহিত একত্রে মিশাইলে টিন (II) আয়ন আয়রন (III) আয়নকে ইলেকট্রন ছাড়িয়া দেয়। দ্রবণে টিন ও আয়রন ক্লোরাইড যথাক্রমে $Sn^{2+}Fe^{3+}$ ক্যাটায়ন ও Cl^- অ্যানায়নে বিয়োজিত হয়। $SnCl_2 \rightleftharpoons Sn^{2+}+2Cl^-$; $FeCl_3 = Fe^{3+}+3Cl^-$

প্রতিটি Sn^{2+} আয়ন দুইটি করিয়া ইলেকট্রন ছাড়িয়া দেয় এবং প্রতিটি Fe^{3+} আয়ন একটি করিয়া ইলেকট্রন গ্রহণ করে ; সুতরাং প্রতি Sn^{2+} আয়নের পরিত্যক্ত দুইটি ইলেকট্রন গ্রহণ করিতে দুইটি Fe^{3+} আয়নের প্রয়োজন হয়। Sn^{2+} আয়ন ইলেকট্রন ছাড়িয়া Sn^{4+} অবস্থায় জারিত হয় এবং Fe^{3+} আয়ন ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া Fe^{2+} অবস্থায় জারিত হয়।

$$Sn^{2+}Cl_2 + 2Fe^{3+}Cl_3 \longrightarrow Sn^{4+}Cl_4 + 2Fe^{2+}Cl_2 ;$$

বিজারক জারক

$Sn^{2+} - 2e \longrightarrow Sn^{4+}$; $2Fe^{3+} + e \longrightarrow Fe^{2+}$;

জারণ বিজারণ

ডেনিয়েল সেলে : $Zn + Cu^{2+} \rightarrow Zn^{2+} + Cu^{\circ}$ এই বিক্রিয়া ঘটে।

অ্যানোডে : $Zn - 2e \rightarrow Zn^{2+}$ (জারণ)।

ক্যাথোডে : $Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu^{\circ}$ (বিজারণ)।

তড়িৎ-বিশ্লেষণের সময় ক্যাটায়ন সমূহ (পরাবিদ্যুৎযুক্ত কণা) ক্যাথোডে গিয়া ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিদ্যুৎ ভারমুক্ত হয় অর্থাৎ উহারা বিজারিত হয় এবং উহাকে বলা **ক্যাথোডীয় বিজারণ** (Cathodic Reduction)। অ্যানায়ন সমূহ (অপরা বিদ্যুৎ কণা) অ্যানোডে গিয়া ইলেকট্রন হারাইয়া বিদ্যুৎ ভার মুক্ত হয় অর্থাৎ উহারা জারিত হয় এবং উহাকে বলা হয় **অ্যানোডীয় জারণ** (Anodic Oxidation)।

$$\text{জারক} + \text{ইলেকট্রন} \underset{\text{জারণ}}{\overset{\text{বিজারণ}}{\rightleftharpoons}} \text{বিজারক}$$

জারণ	বিজারণ
$Zn - 2e \rightarrow Zn^{2+}$;	$Cu^{2+} + 2e \rightarrow Cu^{\circ}$.
$Fe^{2+} - e \rightarrow Fe^{3+}$;	$Fe^{3+} + e \rightarrow Fe^{2+}$.
$2I^{-} - 2e \rightarrow I_2^{\circ}$;	$I_2^{\circ} + 2e \rightarrow 2I^{-}$.
$S^{2-} - 2e \rightarrow S^{\circ}$;	$S^{6+} + 2e \rightarrow S^{4+}$.

(i) অক্সিজেন :

$\frac{1}{2}O_2 + 2e \rightarrow O^{2-}$

(ii) ক্লোরিণ : $\frac{1}{2}Cl_2 + e \rightarrow Cl^{-}$

(iii) ওজোন : $O_3 + 2e \rightarrow O_2 + O^{2-}$

(iv) হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড :

$H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow 2H_2O$

জল বা অ্যাসিড H^+ দেয়।

(v) নাইট্রিক অ্যাসিড :

$HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$

$NO_3^- + 2H^+ + e \rightarrow NO_2 + H_2O$

$NO_3^- + 4H^+ + 3e \rightarrow NO + 2H_2O$

(vi) অম্লীকৃত পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট :

$MnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$

(viii) অম্লীকৃত পটাশিয়াম ডাইক্রোমেট :

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$

(i) হাইড্রোজেন সালফাইড :

$H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2-}$; $S^{2-} - 2e = S^{\circ}$

(ii) সালফার ডাই-অক্সাইড এর দ্রবণ :

$SO_2 + H_2O = H_2SO_3 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_3^{2-}$

$SO_3^{2-} + H_2O \rightarrow SO_4^{2-} + 2H + 2e$

(iii) হাইড্রোজেন :

$\frac{1}{2}H_2 - e = H^+$;

$O^{2-} + H_2 \rightarrow H_2O + 2e$

অক্সাইড

(iv) কার্বন মনোক্সাইড :

$O^{2-} + CO \rightarrow CO_2 + 2e$

(v) কার্বন : $O^{2-} + C^{\circ} \rightarrow CO + 2e$

(vi) H_2O_2 : $H_2O_2 \rightarrow 2H^+ + O_2 + 2c$

(ক) অক্সিজেনের সংযোজনের ফলে বিজারণ: একটি দৃষ্টান্ত (Addition of Oxygen is reduction : an example) :

ফ্লোরিণ সর্বাপেক্ষা অপরা তড়িৎধর্মী মৌল; অক্সিজেনের স্থান ইহার পরে। ফ্লোরিণ মনোক্সাইড $\overset{1-}{F_2}\overset{2+}{O}$ (অক্সিজেন ডাইফ্লোরাইড $\overset{2+}{O}\overset{1-}{F_2}$) যৌগে—(অতি লঘু 2% NaOH দ্রবণে ফ্লোরিণ গ্যাস পরিচালনা করিলে F_2O প্রস্তুত হয়) F_2 অক্সিজেন হইতে ইলেকট্রন লাভ করিয়া বিজারিত হইয়াছে; অপরপক্ষে O_2, F_2-কে ইলেকট্রন ছাড়িয়া দিয়া জারিত হইয়াছে।

(খ) হাইড্রোজেনের সংযোজনের ফলে জারণ: একটি দৃষ্টান্ত (Addition of Hydrogen is oxidation : an example) :

তাপ প্রয়োগে হাইড্রোজেন সোডিয়ামের সহিত যুক্ত হইয়া সোডিয়াম হাইড্রাইডের (Na^+H^-) বর্ণহীন কেলাস গঠন করে। সোডিয়াম পরমাণু হাইড্রোজেন পরমাণুকে ইলেকট্রন ছাড়িয়া দিয়া জারিত হয় এবং হাইড্রোজেন পরমাণু ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিজারিত হয়।

$$\overset{-e\downarrow}{2Na + H_2} \rightarrow 2NaH\,; \quad Na - e \xrightarrow{\text{জারণ}} Na^+\,; \quad H + e \xrightarrow{\text{বিজারণ}} H^-$$

জারণ-বিজারণের পুরাতন ও বর্তমান ইলেকট্রনীয় ধারণার পারস্পরিক সম্পর্ক: (Interrelation between the old and the new electronic concepts of Oxidation-Reduction) :

	পুরাতন ধারণা :	বর্তমান ধারণা :	
জারণ :	কোন পদার্থের সহিত অক্সিজেন ও তড়িৎঋণাত্মক মৌলের সংযোগ। Mg ধাতু O_2 বা Cl_2এর সহিত মিশ্রণে MgO, $MgCl_2$ যৌগ গঠন করে। MgO, $MgCl_2$এর কেলাসে Mg^{2+} আয়ন বর্তমান। $\frac{1}{2}O_2$ বা Cl_2 শূন্যযোজী Mg ধাতু হইতে দুইটি ইলেকট্রন অপসারণ করিয়া Mg^{2+} আয়ন গঠন করিয়াছে। অপরপক্ষে এই দুইটি ইলেকট্রন O_2 বা Cl_2এ স্থান পাইয়াছে O^{2-} বা $2Cl^-$ আয়ন সৃষ্টি হইয়াছে।	$Mg+\frac{1}{2}O_2 \rightarrow Mg^{2+}+O^{2-}$ ($-2e$, $+2e$) $Mg+Cl_2 \rightarrow Mg^{2+}+2Cl^-$ ($-2e$, $+2e$) জারণের পুরাতন সংজ্ঞার সহিত ইলেকট্রন অপসারণের নিবিড় সম্পর্ক রহিয়াছে।	পরমাণু বা আয়নের ইলেকট্রন বর্জন : Mg ইলেকট্রন হারাইয়াছে Cl_2 বা O_2 ইলেকট্রন লাভ করিয়াছে। Mg→বিজারক O_2 বা Cl_2→জারক
বিজারণ :	হাইড্রোজেনের সংযোগ কিংবা অক্সিজেন বা তড়িৎ ঋণাত্মক মৌলের বিয়োগ। H_2 ও Cl_2 এর সংযোগে HCl গঠন ; CuO হইতে H_2 দ্বারা O_2 অপসারণ। H_2র সহিত সংযোগের ফলে শূন্য আধানযুক্ত Cl_2 ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়াছে। CuO হইতে O_2এর অপসারণের ফলে Cu^{2+} ইলেকট্রন লাভ করিয়াছে। অর্থাৎ Cl_2 ও Cu^{2+} আয়ন বিজারিত হইয়াছে। H_2র সংযোগ বা O_2এর অপসারণ পরমাণু বা আয়নের ইলেকট্রন লাভের সামিল।	$H_2+Cl_2=2H^{1+}Cl^{1-}$ ($-e$, $+e$) $H_2 + \overset{2+}{Cu}O=\overset{0}{Cu}+H_2O$ ($2e$, $+2e$)	পরমাণু বা আয়নের ইলেকট্রন গ্রহণ। H_2 ইলেকট্রন বর্জন করিয়াছে Cl_2, Cu^{2+} ইলেকট্রন লাভ করিয়াছে H_2 বিজারক, Cl_2, Cu^{2+} জারক।

জারক	O_2এর পরিপ্রেক্ষিতে	ইলেকট্রনের পরিপ্রেক্ষিতে
(i) O_2	$O_2 \rightarrow [2O]$	$\frac{1}{2}O_2 + 2e \rightarrow O^{2-}$
(ii) Cl_2	$Cl_2 + H_2O \rightarrow 2HCl \quad [O]$	$\frac{1}{2}Cl_2 + e \rightarrow Cl^-$
(iii) HNO_3 গাঢ়	$2HNO_3 \rightarrow 2NO_2 + H_2O + [O]$	$NO_3^- + 2H^+ + e \rightarrow NO_2 + H_2O$
(iv) H_2SO_4 গাঢ়	$H_2SO_4 \rightarrow SO_2 + H_2O + [O$	$SO_4{}^{2-} + 4H^+ + 2e \rightarrow SO_2 + 2H_2O$
(v) $KMnO_4$ (অম্লীকৃত)	$2KMnO_4 \rightarrow K_2O + 2MnO + [5O]$	$KMnO_4^- + 8H^+ + 5e \rightarrow Mn^{2+} + 4H_2O$
(vi) $K_2Cr_2O_7$ "	$K_2Cr_2O_7 \rightarrow K_2O + Cr_2O_3 + [4O]$	$Cr_2O_7{}^{2-} + 14H^+ + 6e \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$
(vii) H_2O_2 "	$H_2O_2 \rightarrow H_2O + [O]$	$H_2O_2 + 2H^+ + 2e \rightarrow 2H_2O$
বিজারক		
H_2	$H_2 + [O] \rightarrow H_2O$	$\frac{1}{2}H_2 - e \rightarrow H^+$
ধাতু	$Zn + [O] \rightarrow ZnO$	$Zn - 2e - Zn^{2+}$
C	$C + [2]C \rightarrow CO_2$	$C - 4e \rightarrow C^{4+}$
H_2S	$H_2S + [O] \rightarrow H_2O + S$	$S^{2-} - 2e \rightarrow S^{\circ}$
HI	$2HI + [O] \rightarrow H_2O + I_2$	$2I^- - 2e \rightarrow 2I^{\circ} = I_2$
$FeSO_4$ অম্লীকৃত	$2FeSO_4 + H_2SO_4 + O] \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + H_2O$	$Fe^{2+} - e \rightarrow Fe^{3+}$
$SnCl_2$,,	$SnCl_2 + 2HCl + [O] \rightarrow SnCl_4 + H_2O$	$Sn^{2+} - 2e \rightarrow Sn^{4+}$

জারণ-বিজারণের পুরাতন ও বর্তমান ইলেকট্রনীয় ধারণার মধ্যে অচ্ছেদ্য সম্পর্ক রহিয়াছে। উহারা আসলে একই।

জারণ সংখ্যা বা যোজ্যতা সংখ্যা : (Oxidation Number or Valency Number) :

জারণ বিজারণ বিক্রিয়া ইলেকট্রন দেওয়া ও নেওয়ার মাধ্যমেই নিষ্পন্ন হয়, অর্থাৎ পরমাণু বা আয়নের যোজ্যতার পরিবর্তন ঘটে। কোন যৌগে একটি পরমাণু (যোজ্যতার বিচারে) যে অবস্থায় থাকে, তাহাকেই পরমাণুর যোজন বা জারণমাত্রা বা স্তর (Valence state or Oxidation state) বলা হয়। জারণমাত্রাকে একটি সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করাই প্রথা ; সেই সংখ্যাকে বলে **জারণ সংখ্যা** বা **যোজ্যতা সংখ্যা**। কোন যৌগে একটি পরমাণু যে অবস্থায় রহিয়াছে, মৌলের মুক্ত অবস্থা হইতে সেই অবস্থায় আসিতে পরমাণুটিকে যে কয়টি ইলেকট্রন গ্রহণ বা বর্জন করিতে হয়, তাহাই (সেই অবস্থায়) পরমাণুটির জারণ-সংখ্যা। এই জারণ-সংখ্যা **ধনাত্মক** বা **ঋণাত্মক** হইতে পারে। সেই অবস্থায় আসিতে পরমাণুটি যদি জারিত হয়, অর্থাৎ ইলেকট্রন ত্যাগ করে, তবে পরমাণুর জারণ-সংখ্যা পজিটিভ, (ধনাত্মক) আর যদি পরমাণুটি বিজারিত হয়, অর্থাৎ ইলেকট্রন গ্রহণ করে, তবে পমমাণুর জারণ সংখ্যা নেগেটিভ (ঋণাত্মক)।

বিজারণ জারণ
ঋণাত্মক ←———————— M° ———————— → ঋণাত্মক জারণ স্তর
জারণ স্তর ইলেকট্রন গ্রহণ জারণ ভার শূন্য ইলেকট্রন বর্জন

Na ও Cl_2-এর সংযোগ কালে Na একটি ইলেকট্রন হারায় (জারণ) এবং Cl_2 তাহা গ্রহণ করে (বিজারণ)। ফলে NaCl যৌগে Na একটি পজিটিভ আধান (Na^+) Cl_2 একটি নেগেটিভ আধান (Cl^-) বহন করে। অতএব Na-এর জারণ-সংখ্যা $+1$ এবং Cl_2-এর জারণ-সংখ্যা -1. ধাতব পরমাণু ইলেকট্রন বর্জন করে বলিয়া উহাদের জারণ-সংখ্যা পজিটিভ, পক্ষান্তরে অধাতু ইলেকট্রন লাভ করে বলিয়া উহাদের জারণ-সংখ্যা নেগেটিভ। অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত অবস্থায় অধাতব আয়নের (ফ্লোরিণ ছাড়া) জারণ সংখ্যা পজিটিভ। Cu^{2+}, Al^{3+} আয়নের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে $+2$ ও $+3$। F^-, O^{2-} আয়নের জারণ সংখ্যা -1, -2। সরল আয়নের ক্ষেত্রে আয়নের আধান-প্রকৃতি ও মাত্রাই উহার জারণ সংখ্যা।

সমযোজী যৌগ গঠনে ইলেকট্রনের পুরাপুরি দেওয়া-নেওয়া চলেনা, তবে ইলেকট্রনজোড়েরমারফতেবন্ধন-রতপরমাণুদ্বয়ের যে পরমাণুটি অধিকতর তড়িৎঋণাত্মক

(more electronegative) (অর্থাৎ ইলেককট্রনজোড়ের প্রতি যে পরমাণুটির টান বেশী) ইলেকট্রনজোড়টি উহারই এক্তিয়ারভুক্ত মনে করা হয়। যেমন, H_2 অপেক্ষা O_2 অধিকতর তড়িৎঋণাত্মক, কাজেই H_2O-এ H_2 ও O_2-এর জারণ সংখ্যা যথাক্রমে +1 ও −2 ধরা হয়।

বিভিন্ন যৌগে পরমাণুর জারণ সংখ্যার দৃষ্টান্ত

$$\begin{array}{ccccc} MgO & SO_2 & H_2O & CH_4 & CCl_4 \\ +2-2; & +4-2 & +1-2 & -4+1 & +4-1 \\ NH_3 & HF & ClF & ICl & IF_5 \\ -3+1 & +1-1 & +1-1 & +3-1 & +5-1 \end{array}$$

বিবিধ যৌগে পরমাণুর জারণ-সংখ্যা নির্ধারণে নিম্নোক্ত বিধান অনুসৃত হয় ;

(ক) মুক্ত অবস্থায় মৌলের জারণ-সংখ্যা সর্বদাই শূন্য 0। সদৃশ পরমাণুদের মধ্যকার ইলেকট্রনজোড় সমভাবে বণ্টিত।

(খ) ধাতব হাইড্রাইড ছাড়া আর সব যৌগে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা +1 ; ধাতব হাইড্রাইডে হাইড্রোজেনের জারণ সংখ্যা −1

$$\begin{array}{cccccc} HCl, & H_2O; & NH_3 & \text{ব্যতিক্রম :} & LiH & CaH_2 \\ +1-1 & +1-2 & -3+1 & & +1-1 & +2-1 \end{array}$$

(গ) সমস্ত যৌগে অক্সিজেনের জারণ সংখ্যা −2। পারঅক্সাইডে O_2এর জারণ সংখ্যা −1 এবং অক্সিজেন অপেক্ষা অধিকতর তড়িৎঋণাত্মক মৌলের (ফ্লোরিণ) যৌগে (অক্সিজেন ডাইফ্লোরাইড) O_2-এর জারণ সংখ্যা +2।

$$\begin{array}{ccccc} MgO & Fe_2O_3 & CO_2 & M_2O_7 & CrO_3 \\ +2-2 & +3-2 & +4-2 & +7-2 & +6-2 \end{array}$$

ব্যতিক্রম (i) অক্সিজেনের ডাইফ্লোরাইড, (ii) পার-অক্সাইড।

অক্সিজেন পরমাণুদ্বয়ের মধ্যে ইলেকট্রনজোড় সমভাবে বণ্টিত আছে ধরিয়া পার-অক্সাইড আয়নের জারণ সংখ্যা নির্ণয় করা হয়।

(ঘ) এক পরমাণুক আয়নের জারণ সংখ্যা উহার আধানমাত্রার সমান।

$Na^{+1}Cl^{-1}$, $Mg^{+2}Cl_2^{-1}$ চিহ্নের মাথার সংখ্যা জারণ সংখ্যা জ্ঞাপন করে।

যে কোন যৌগের পরমাণুদের জারণ-সংখ্যার সমষ্টি শূন্য হয় : কোন আয়নে পরমাণুদের জারণ-সংখ্যার সমষ্টি আয়নের আধানমাত্রার সমান।

$$\begin{array}{ccc} H_2SO_3; & KMnO_4, & K_2Cr_2O_7, \\ 1\times2+4+3\times-2; & 1+7+4\times-2; & 2\times1+2\times6+7\times-2; \\ NH_4^+ & OH^- & SO_4^{2-} \\ -3+4\times1; & -2+1; & 6+4\times-2; \end{array}$$

এই নিয়ম প্রয়োগ করিয়া যে কোন যৌগ বা আয়নের পরমাণুর সংখ্যা নির্ণয় করা যায়। যেমন Na_2SO_4 এ S-এর জারণ-সংখ্যা x ধরিলে $2\times1+x+(4\times-2)=0$, বা, $x=6$

$KClO_3$এ Cl_2-র জারণ-সংখ্যা x ; ধরিলে $1+x+(3\times-2)=0$ বা, $x=5$.

সেইরূপ,

HNO_3	$Na_2B_4O_7$;	Cr_2O_3 ;
$1+x+3\times-2=0$;	$2\times1+4\times x+7\times-2=0$;	$2\times x+3\times-2=0$;
বা $x=5$	বা $x=3$	বা $x=3$
ClO_2^- ;	Na_2O_2 ;	$Cr_2O_7^{2-}$
$x+2\times-2=-1$	$2\times1+2\times x=0$;	$2\times x+7\times-2=-2$
বা $x=3$	বা $x=-1$	বা $x=6$

(চ) ভিন্ন ভিন্ন যৌগে ৫ম, ৬ষ্ঠ, ৭ম শ্রেণীর অধাতব মৌল এবং ক্রান্তিক মৌলদের (transition elements) পরমাণু ভিন্ন ভিন্ন জারণ স্তরে থাকে। ৭ম শ্রেণীস্থ হ্যালোজেন মৌলদের (F_2 বাদে) জারণ সংখ্যা -1 হইতে $+7$ পর্যন্ত ; সালফার (৬ষ্ঠ শ্রেণী), নাইট্রোজেন (৫ম শ্রেণী) মৌলদের জারণ সংখ্যা যথাক্রমে -2 হইতে $+6$ পর্যন্ত এবং -3 হইতে -5 পর্যন্ত দেখা যায়। সর্বাবস্থায়ই যে কোন পরমাণুর ধনাত্মক ও ঋণাত্মক মৌলের জারণ সংখ্যা মিলিয়া 8 হয় (সংখ্যার বিচারে)। যেমন NH_3এ N_2 এর জারণ সংখ্যা -3 এবং N_2O_5এ $+5$; উভয়ে মিলিয়া 8 হয়।

যেহেতু জারণ সংখ্যা একেবারে ইচ্ছাধীন, কোন বাঁধাধরা নিয়মে আবদ্ধ নয়, সেই কোন কোন ক্ষেত্রে জারণ সংখ্যায় বৈচিত্র্য দেখা যায়। যেমন, চিনিতে $C_{12}H_{22}O_{11}$ কার্বনের জারণ সংখ্যা 0, 22টি H এর আপাত আধানমাত্রা (22×1), 11টি O এর আধান মাত্রা (11×-2) দ্বারা প্রশমিত হইয়াছে। $H_2S_4O_6$ এ S-র জারণ সংখ্যা $\frac{10}{4}=2.5$. এখানে অবশ্যই স্মরণ রাখিতে হইবে যে, জারণ সংখ্যা পরমাণুর প্রকৃত আধান মাত্রা নয়।

জারণ বিজারণ বিক্রিয়ায় যাহার জারণ ঘটে, তাহার জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি পায় আর যাহার বিজারণ ঘটে তাহার জারণ সংখ্যা হ্রাস পায়। যেমন,

(ক) $C+O_2\rightarrow \underset{4-2}{CO_2}$, কার্বনের জারণ সংখ্যা 0 হইতে $+4$ এ বৃদ্ধি পাইয়াছে এবং O_2 এর জারণ সংখ্যা 0 হইতে -2 তে হ্রাস পাইয়াছে। অতএব কার্বন জারিত এবং অক্সিজেন বিজারিত হইয়াছে।

(খ) $K_2Cr_2^{+6}O_7+6KI^{-1}+7H_2SO_4\rightarrow Cr_2^{+3}(SO_4)+3I_2^{\circ}+4K_2SO_4+7H_2O$

Cr^{+6} এর বিজারণ (Cr^{+3}) এবং I^{-1} আয়নের জারণ $(I^0{}_2)$ ঘটিয়াছে।

(গ) $2K\overset{+7}{Mn}O_4 + 8H_2SO_4 + 10\overset{2+}{Fe}SO_4 \rightarrow 2\overset{+2}{Mn}SO_4 + K_2SO_4 + 5Fe^{+3}(SO_4)_3 + 8H_2O$

Mn^{+7} আয়নের বিজারণ (Mn^{+2}) এবং Fe^{2+} আয়নের জারণ (Fe^{+3}) ঘটিয়াছে।

(ঘ) Mg ধাতু HCl এর বিক্রিয়ায় H_2 উৎপাদন করে।

$$Mg^0 + 2H^{1+}Cl^{1-} \rightarrow Mg^{2+}Cl_2^{1-} + H_2^0$$

Mg-এর জারণ সংখ্যা 0 হইতে +2 তে বৃদ্ধি পাইয়াছে ; কাজেই Mg জারিত হইয়াছে ; ইহা বিজারক পদার্থ এবং Cl_2-এর জারণ সংখ্যা 0 হইতে −1-এ হ্রাস পাইয়াছে ; কাজেই Cl_2 বিজারিত হইয়াছে ; ইহা জারক পদার্থ।

	জারণ সংখ্যার পরিবর্তন	ইলেকট্রনের পরিবর্তন
জারণ	বৃদ্ধি	ইলেকট্রন বর্জন ;
বিজারণ	হ্রাস	ইলেকট্রন লাভ ;
জারক পদার্থ	হ্রাস	ইলেকট্রন টানিয়া লয়।
বিজারক পদার্থ	বৃদ্ধি	ইলেকট্রন সরবরাহ করে।
জারিত পদার্থ	বৃদ্ধি	ইলেকট্রন ত্যাগ করে।
বিজারিত পদার্থ	হ্রাস	ইলেকট্রন গ্রহণ করে।

জারণ সংখ্যার সাহায্যে রাসায়নিক সমীকরণ গঠন : জারণ-বিজারণ বিক্রিয়াতে জারণ সংখ্যার পরিবর্তন ঘটে ; কোন কোন পরমাণু বা আয়নের জারণ-সংখ্যার বৃদ্ধি পায়, আবার কোন কোন পরমাণু বা আয়নের জারণ সংখ্যা হ্রাস পায়। জারণ সংখ্যার এই হ্রাস-বৃদ্ধি সর্বদা সমান। এই বিধি প্রয়োগ করিয়া বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত পদার্থের সংকেত জানা থাকিলে জারণ বিজারণ বিক্রিয়ার সম্পূর্ণ ও সঠিক সমীকরণ পাওয়া যায়। নীচে কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল। পরমাণু বা আয়নের মাথার সংখ্যা জারণ সংখ্যা নির্দেশ করে।

(ক) কার্বন গাঢ় ও উত্তপ্ত NHO_3-এর দ্বারা জারিত হইয়া CO_2 উৎপাদন করে।

$$C^0 + H\overset{+5}{N}O_3 \rightarrow \overset{+4}{C}O_2 + \overset{+4}{N}O^2 + H_2O$$

(i) কার্বনের জারণ সংখ্যা বৃদ্ধি = +4 ; (ii) নাইট্রোজেনের জারণ সংখ্যা হ্রাস = 5 − 4 = 1.

জারণ সংখ্যার হ্রাসবৃদ্ধি সমান করিতে হইলে একটি কার্বন পরমাণু চার অণু HNO_3 এর সহিত বিক্রিয়া করিতে হইবে ; কাজেই সঠিক সমীকরণ

$$C+4HNO_3=CO_2+4NO_2+2H_2O$$

(খ) কার্বন ও গাঢ় H_2SO_4 এর বিক্রিয়া :

জাঃ সঃ বৃদ্ধি = 4

$$C^0+H_2\overset{6+}{S}O_4\rightarrow\overset{4+}{C}O_2+\overset{4+}{S}O_2+H_2O$$

জাঃ সঃ হ্রাস = 2

কাজেই জাঃ সঃ হ্রাস-বৃদ্ধি সমান করিতে $C+2H_2SO_4=$

$$CO_2+2SO_2+2H_2O$$

(গ) NH_3 ও O_2 এর বিক্রিয়া :

জাঃ সঃ বৃদ্ধি = 5

$$\overset{-3}{N}HO_3+\overset{0}{O}_2\rightarrow H_2\overset{2-}{O}+\overset{2+}{N}O^{2-}$$

জাঃ সঃ হ্রাস = 2

জাঃ সঃ হ্রাস-বৃদ্ধি সমান করিতে : $2NH_3+2\times\frac{1}{2}O_2\rightarrow 2NO+3H_2O$

$$4NH_3+5O_2\rightarrow 4NO+6H_2O$$

(ঘ) H_2S ও HNO_3 এর বিক্রিয়া :

জাঃ সঃ বৃদ্ধি = 2

$$H_2\overset{2-}{S}+H\overset{5+}{N}O_3\rightarrow\overset{0}{S}+NO_2+H_2O$$

জাঃ সঃ হ্রাস = 1

কাজেই জাঃ সঃ হ্রাস বৃদ্ধি সমান করিতে $H_2S+2HNO_3=$

$$S+2NO_2+H_2O$$

(ঙ) Cu-র সহিত শীতল অবস্থায় নাতিগাঢ় HNO_3 এর বিক্রিয়া :

জাঃ সঃ বৃদ্ধি = 2

$$\overset{0}{C}u+H\overset{5+}{N}O_3\rightarrow\overset{2+}{C}u(NO_3)_2+NO+H_2O$$

জাঃ সাঃ হ্রাস = 3

জাঃ সঃ হ্রাস-বৃদ্ধি সমান করিতে হইলে Cu : $HNO_3=3:2$ অর্থাৎ 3Cu কে জারিত করিতে 2 অণু HNO_3 প্রয়োজন $3\overset{0}{C}u-6e\rightarrow 3\overset{2+}{C}u$; $2\overset{5+}{N}+6e\rightarrow 2N^{2+}$। তিনটি জারিত Cu^{2+} আয়নকে 3 অণু $Cu(NO_3)_2$ লবণে পরিণত করিতে হইলে আরও 6 অণু HNO_3 এর দরকার ; কাজেই এই বিক্রিয়ায় 2+6=8 অণু HNO_3 দরকার। সঠিক সমীকরণ $3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+2NO+4H_2O$।

(চ) MnO_2 ও HCl-এর বিক্রিয়ায় $MnCl_2$, Cl_2 ও H_2O উৎপন্ন হয় ;

জাঃ সঃ বৃদ্ধি=1

$$\overset{4+}{Mn}O_2+H\overset{1-}{Cl}\rightarrow \overset{2+}{Mn}Cl_2+H_2O+\overset{0}{Cl_2}$$

জাঃ সঃ হ্রাস=2

$[Mn^{4+}+2e=Mn^{2+}$; $2Cl^- - 2e=2Cl=Cl_2$

কাজেই জাঃ সঃ হ্রাসবৃদ্ধি সমান করিতে $MnO_2+2HCl\rightarrow MnCl_2 +H_2+Cl_2$

কিন্তু সমীকরণটি এখনও যথাযথ নয়। $MnCl_2$-এর $2Cl^-$ আয়নের জন্য আরও 2টি HCl অণু দরকার (এই $2Cl^-$ আয়নের জারণ সংখ্যার কোন পরিবর্তন হয় নাই)। কাজেই মোট 4টি HCl অণু দরকার, বিক্রিয়ালব্ধ H_2O-এর অণু হইবে 2। অতএব সমীকরণটি $MnO_2+4HCl\rightarrow MnCl_2+2H_2O+Cl_2$

(ছ) $KMnO_4$ ও HCl এর বিক্রিয়ার সমীকরণটি :

$$K\overset{7+}{Mn}O_4+H\overset{1-}{Cl}\rightarrow KCl+\overset{2+}{Mn}Cl_2+H_2O+\overset{0}{Cl_2} ;$$

Mn-এর জাঃ সঃ হ্রাস $=7-2=5$; Cl-এর জাঃ সঃ বৃদ্ধি $=0-(-1)=1$

সঠিক ইলেকট্রনীয় সমীকরণ $2Mn^{7+}+10e\rightarrow 2Mn^{2+}$; $10Cl^- - 10e$ $10Cl^{\circ}$ বা $5Cl_2$ এবং $2KMnO_4+10HCl\rightarrow KCl+2MnCl_2+H_2O+5Cl_2$; কিন্তু সমীকরণটি এখনও যথাযথ নয়, 2KCl ও $2MnCl_2$ অণুতে 6টি Cl^- বর্তমান ; এই 6টি Cl^--এর জাঃ সঃ পরিবর্তন হয় নাই। সুতরাং এই 6টি Cl^- আয়নের জন্য আরও 6টি HCl অণু দরকার অর্থাৎ মোট $10+6=16$টি HCl অণু দরকার এবং 16টি H^+ আয়ন 8 অণু H_2O উৎপাদন করে। অতএব সমীকরণটি

$$2KMnO_4+16HCl=2KCl+2MnCl_2+8H_2O+5Cl_2$$

(জ) লঘু H_2SO_4 এর উপস্থিতিতে $KMnO_4$ ও $FeSO_4$ এর বিক্রিয়া :

জাঃ সঃ বৃদ্ধি=1

$$KMnO_4+\overset{2+}{Fe}SO_4+H_2SO_4\rightarrow MnSO_4+\overset{3+}{Fe_2}(SO_4)_3+K_2SO_4+H_2O$$

জাঃ সঃ হ্রাস=5

কাজেই $KMnO_4$ ও $FeSO_4$ এর অণুর অনুপাত 1 : 5। যেহেতু $Fe_2(SO_4)_3$ এ $2Fe^{3+}$ বর্তমান ; সেজন্য $KMnO_4$ ও $FeSO_4$ অণুর অনুপাত দ্বিগুণ করিতে হইবে।

$$2KMnO_4+10FeSO_4+nH_2SO_4\rightarrow K_2SO_4+5Fe_2(SO_4)_3+2MnSO_4+nH_2O$$

সমীকরণ যথাযথ নয় ; আরও ৪টি SO_4 মূলক প্রয়োজন। কাজেই সঠিক সমীকরণ :

$$2KMnO_4 + 10FeSO_4 + 8H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 5Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O$$

(ঝ) $K_2Cr_2O_7$ (H_2SO_4-এর উপস্থিতিতে) ও KI-এর বিক্রিয়া :

জাঃ সঃ বৃদ্ধি = 1

$$K_3\overset{6+}{Cr_2}O_7 + H_2SO_4 + K\overset{1-}{I} \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(\overset{3+}{SO_4})_3 + H_2O + \overset{0}{I_2}$$

জাঃ সঃ হ্রাস = 6

$K_2Cr_2O_7$ ও KI-এর অণুর অনুপাত 1 : 6

$$K_2Cn_2O_7 + rH_2SO_4 + 6KI \rightarrow 4K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + nH_2O + 3I_2$$

সমীকরণটি এখনও যথাযথ নয় ; প্রতিটি $\overset{3+}{Cr_2}$-এর জন্য 3টি H_2SO_4 অণু এবং প্রতি $2K^+$ জন্য 1টি H_2SO_4 দরকার।

অতএব মোট H_2SO_4 অণু = 7 ($8K^+ \equiv 4H_2SO_4$, $Cr_2 = 3H_2SO_4$)

$$K_2Cr_2O_7 + 7H_2SO_4 + 6KI = 4K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 3I_2 + 7H_2O$$

ডিসমিউটেশন বা **ডিসপ্রপোরশনেশন** (Dismutation or Disproportionation)—কোন কোন বিক্রিয়ায় দেখা যায় যে একই পদার্থের খানিকটা জারিত হয় এবং আর খানিকটা বিজারিত হয়। এইরূপ বিক্রিয়ার নাম **ডিসমিউটেশন**।

(i) পটাসিয়াম ম্যাঙ্গানেটের (K_2MnO_4) দ্রবণ (সবুজ) অম্লীকৃত করিলে উহার একাংশ পটাসিয়াম পারম্যাঙ্গানেটে, $KMnO_4$, (গোলাপী রং) জারিত হয় ; অপরাংশ ম্যাঙ্গানীজ ডাই-অক্সাইডে (MnO_2 কাল অধঃক্ষেপ) বিজারিত হয়।

$$3[\overset{6+}{Mn}O_4]^{2-} + 4H^+ \rightarrow \overset{4+}{Mn}O_2 + 2(\overset{+7}{Mn}O_4)^-$$

Mn 6+ জারণ স্তর হইতে 7+, 4+ জারণ স্তরে পরিবর্তিত হইয়াছে কাজেই MnO_4^{2-} আয়ন অংশতঃ জারিত ; অংশত বিজারিত হইয়াছে।

(ii) সাদা P-কে গাঢ় NaOH-এর সহিত ফুটাইলে ফসফিন, PH_3, ও সোডিয়াম হাইপোফসফাইট (NaH_2PO_2) উৎপন্ন হয়

$$4\overset{0}{P} + 3NaOH + 3H_2O = \overset{-3}{P}H_3 + 3NaH_2\overset{+1}{P}O_2$$

এই বিক্রিয়ায় P, 0 জারণ স্তর হইতে -3 ও $1+$ জারণ স্তরে পরিবর্তিত হইয়াছে। সুতরাং P অংশতঃ জারিত অংশত বিজারিত হইয়াছে।

ধাতুসমূহের তাড়িত রাসায়নিক শ্রেণী

(Electro Chemical series of metals)

কোন কোন ধাতু অপর ধাতুকে উহার লবণের জলীয় দ্রবণ হইতে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। যেমন, এক টুকরা জিঙ্ককে যদি কপার সালফেটের ($CuSO_4$) দ্রবণে রাখা যায় তবে দেখা যায়, সঙ্গে সঙ্গেই দ্রবণ হইতে কপার (Cu) ধাতু জিঙ্কের (Zn) উপর জমিতে আরম্ভ করে এবং ধীরে ধীরে Zn আয়নিত, Zn^{++}, হইয়া দ্রবীভূত হইয়া যায়।

$$Zn + CuSO_4 = \downarrow Cu + ZnSO_4 \quad \text{বা} \quad Zn + Cu^{++} \rightarrow Zn^{++} + Cu \downarrow$$

এইরূপে লৌহও $CuSO_4$-এর দ্রবণ হইতে Cu ধাতুকে প্রতিস্থাপিত করিতে পারে এবং লৌহ নিজে দ্রবীভূত হইয়া যায়। কিন্তু Cu ধাতুকে যদি জিঙ্ক সালফেট ($ZnSO_4$) বা ফেরাস সালফেটের ($FeSO_4$) দ্রবণে রাখা হয় তবে কোনই পরিবর্তন হইবে না।

তবে যদি দ্রবণে জিঙ্ক আয়নের (Zn^{2+}) গাঢ়ত্ব খুব বেশী হয় (লিটার প্রতি এক মোল) তবে Cu দ্বারা Zn-এর প্রতিস্থাপন $Cu + Zn^{2+} = Cu^{2+} + Zn \downarrow$ অত্যন্ত সামান্য পরিমাণে ঘটিবে।

আবার Cu ধাতুকে সিলভার নাইট্রেট ($AgNO_3$) বা মারকিউরিক ক্লোরাইড ($HgCl_2$)-এর দ্রবণে রাখিলে সঙ্গে সঙ্গে Cu ধাতুর উপর Ag বা Hg জমিতে থাকিবে এবং Cu ধাতু Cu^{2+} আয়ন রূপে দ্রবীভূত হইয়া যাইবে, $Cu + 2AgNO_3 = 2Ag \downarrow + Cu(NO_3)_2$ বা $Cu + 2Ag^{+} = 2Ag + Cu^{++}$ কিন্তু Hg বা Ag-কে কপার লবণের দ্রবণে রাখিল Cu প্রতিস্থাপিত হইবে না।

ধাতু বা তড়িৎ ধনাত্মক অর্থাৎ, রাসায়নিক বিক্রিয়া কালে উহারা ইলেকট্রন বর্জন করিয়া থাকে। ধাতুদের পরাধর্মিতা অর্থাৎ ইলেকট্রন বর্জন করিবার ক্ষমতা সকলের সমান নয়। আয়রন বা জিংক ধাতুর পরাধর্মিতা কপার অপেক্ষা বেশী ; কপারের পরাধর্মিতা আবার সিলভার বা মার্কারি অপেক্ষা অধিকতর অর্থাৎ কপার অপেক্ষা আয়রন বা জিংক অধিকতর সক্রিয় ; কপার সিলভার বা মার্কারি অপেক্ষা সক্রিয়। এই সক্রিয়তা বা পরাধর্মিতার ক্রম অনুসারে ধাতুদের একটি শ্রেণীতে সাজানো যায়। এই শ্রেণীতে যার স্থান যত উপরে সেইটি তত বেশী সক্রিয়। এই শ্রেণীর নাম তাড়িত রাসায়নিক শ্রেণী (Electro Cbemical series)।

ধাতব মৌলের পরমাণুগুলি আয়নিত অবস্থায় থাকে এবং উহার ইলেকট্রনগুলি মুক্ত অবস্থায় (free electrons, 'Electron gas') বিচ্ছিন্নভাবে থাকে। কোন

ধাতুকে যদি জলের সংস্পর্শে রাখা যায়, তবে ধাতু হইতে উহার আয়নগুলি জলে যাইতে চেষ্টা করে ; ধাতুর এই দ্রবণ-প্রবণতাকে তাড়িত দ্রব চাপ (Electrolytic solution pressure) বলে। এই চাপ সকল ধাতুতে সমান নয় এবং উহা ধাতুর প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল। জলের পরিবর্তে ধাতুটিকে যদি উহার নিজের আয়নযুক্ত কোন যৌগিক পদার্থের দ্রবণের সংস্পর্শে রাখা হয়, তবে দুইটি বিপরীত বিক্রিয়ার সম্ভাবনা দেখা দেয়। একদিকে তাড়িত দ্রব চাপের জন্য ধাতুটির পরমাণুগুলি আয়নিত হইয়া দ্রবণে চলিয়া যাইতে চেষ্টা করে ; অপর-দিকে দ্রবণ হইতে ধাতুর আয়নগুলি পরমাণুতে মুক্তি লাভ করিয়া ধাতুটির উপর জমিতে চেষ্টা করে। দ্রবের এই ধর্মকে অসমোটিক চাপ (Osmotic pressure) বলে। ইহা দ্রবণে আয়নের গাঢ়ত্বের উপর নির্ভর করে। এই চাপের ক্রিয়ায় ধাতুমাত্রই দ্রবণ হইতে পজিটিভ ধাতব আয়ন সংগ্রহ করিতে চায়। ধাতব মৌল $\rightleftharpoons$ ধাতব আয়নসমূহ (দ্রবণে)।

এখন Zn ধাতুকে যদি $ZnSO_4$-এর দ্রবণে রাখা হয় তবে Zn ধাতুর তাড়িত দ্রব চাপ দ্রবণটির অসমোটিক চাপ অপেক্ষা বেশী; অর্থাৎ দ্রবণ হইতে Zn^{++} (জিঙ্ক) আয়ন সংগ্রহ করা অপেক্ষা Zn ধাতুটির আয়নিত হওয়ার ক্ষমতা অধিকতর ; কাজেই দ্রবণ হইতে যে পরিমাণ Zn^{++} আয়ন Zn ধাতুটিতে পরমাণুরূপে পরিন্যস্ত হয়, তাহা অপেক্ষা বেশী Zn পরমাণু আয়নিত হইয়া দ্রবণে চলিয়া যায়, $Zn \rightleftharpoons Zn^{++} + 2e$

কিন্তু Cu ধাতুকে যদি $CuSO_4$-এর দ্রবণে রাখা হয়, তবে সম্পূর্ণ বিপরীত ঘটনা ঘটিয়া থাকে। Cu ধাতুর তাড়িত দ্রব চাপ কম ; কাজেই Cu ধাতু যত Cu^{++} (কপার) আয়ন হারায়, তাহা অপেক্ষা বেশী আয়ন Cu ধাতুটির উপর পরমাণুরূপে জমা হয়, $Cu^{++} + 2e \rightleftharpoons Cu$

এক্ষণে Zn ধাতুকে $ZnSO_4$-এর তুল্য দ্রবণে রাখিলে Zn-এর আয়নিত হওয়ার অধিকতর ক্ষমতার জন্য কিছু Zn আয়ন সৃষ্টি হইয়া দ্রবণে চলিয়া যাইবে ; ফলে Zn ধাতুটিতে অপরাবিদ্যুৎভারের আধিক্য হইবে এবং এই অপরাবিদ্যুৎ আকর্ষণহেতু আর অধিক পরাবিদ্যুৎধর্মী Zn^{2+} আয়নকে ছাড়িয়া দিবে না। শীঘ্রই উহারা সাম্যাবস্থায় আসিবে। Zn ধাতুটি হইবে অপরাবিদ্যুৎ গ্রস্ত এবং উহার একান্ত কাছের দ্রবণস্তরটি হইবে পরাবিদ্যুৎগ্রস্ত। এইভাবে Zn ধাতু ও দ্রবণের মধ্যে স্থিরমানের একটি তাড়িত বৈভবের সৃষ্টি হইবে। ইহাকে বলা হয় তাড়িত রাসায়নিক বৈভব (Electro-chemical potential)।

এইরূপে Cu ধাতুকে $CuSO_4$-এর দ্রবণের মধ্যে রাখিলে অধিকতর ক্ষমতার জন্য দ্রবণ হইতে Cu^{++} আয়ন ধাতুর উপর জমিবে এবং Cu ধাতুটির উপর পরাবিদ্যুৎভার বাড়িবে। এই পরাবিদ্যুৎগ্রস্ত Cu ধাতু সমধর্মী Cu^{++} আয়নকে আর পরমাণুতে

পরিন্যস্ত হইতে দিবে না। উহাদের মধ্যে সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হইবে এবং পরাবিদ্যুৎগ্রস্ত Cu ধাতু ও অপরাবিদ্যুৎগ্রস্ত দ্রবণটির মধ্যে স্থিরমানের তাড়িত বৈভবের সৃষ্টি হইবে। প্রত্যেক তড়িৎ দ্বারেই এই বিভব সৃষ্টি হইবে। (অধাতব মৌলও উহার আয়নের সংস্পর্শে Cl/Cl^- বৈদ্যুতিক বিভবের সৃষ্টি করিবে।

ভিন্ন ভিন্ন ধাতুকে উহাদের নিজ নিজ আয়নের তুল্য দ্রবণের সংস্পর্শে রাখিয়া ভিন্ন ভিন্ন ধাতুর এই আয়নিত হওয়ার ক্ষমতার একটি তুলনা করা যাইতে পারে। এক লিটার দ্রবণে একগ্রাম আয়ন দ্রবীভূত থাকিলে উহাকে তুল্যদ্রবণ বলে। হাইড্রোজেনকে মাপকাঠি ধরিয়া মাত্রার দিক হইতে এই সকল তাড়িত বৈভবের একটি তুলনা করা যায়। H_2 যদি উহার H^+ আয়নের তুল্য দ্রবণের সংস্পর্শে আসে, তবে যে তাড়িত বৈভবের সৃষ্টি হয় তাহাকে শূন্যমাত্রা ধরা হয়। এই মাপ অনুযায়ী পরা-বিদ্যুৎধর্মিতার অনুক্রমে সাজানো ধাতুগুলির ও অপরা বিদ্যুৎ ধর্মিতার অনুক্রমে সাজানো অধাতুগুলির একটি তালিকা নীচে দেওয়া হইল।

পরা বিদ্যুৎধর্মী মৌল (ধাতু)	অপরা বিদ্যুৎধর্মী মৌল (অধাতু)
পটাসিয়াম K	ফ্লোরিন F (সর্বাপেক্ষা অপরাধর্মী মৌল)
ক্যালসিয়াম Ca	অক্সিজেন O
সোডিয়াম Na	ক্লোরিন Cl
ম্যাগনেসিয়াম Mg	ব্রোমিন Br
অ্যালুমিনিয়াম Al	আয়োডিন I
জিঙ্ক Zn	সালফার S
আয়রন Fe	ফসফরাস P
লেড Pb	নাইট্রোজেন N
হাইড্রোজেন H	কার্বন C
কপার Cu	
মার্কারি Hg	
সিলভার Ag	
গোল্ড Au	

এই শ্রেণীতে যে ধাতুর স্থান যত উপরে, সেই ধাতুর আয়নিত হওয়ার ক্ষমতা তত বেশী অর্থাৎ সেই ধাতু রাসায়নিক দিক হইতে তত বেশী সক্রিয়। এই শ্রেণীতে বিভিন্ন স্থান অনুসারেই ধাতুদের রাসায়নিক সক্রিয়তা নির্ধারিত হয়।

তাড়িৎ রাসায়নিক শ্রেণীর বৈশিষ্ট্য :

1. এই শ্রেণীতে যে ধাতুর স্থান যত উপরে, সেই ধাতু তত বেশী পরাবিদ্যুৎধর্মী ; সেই ধাতু তত সহজে আয়নিত হয়। Zn বা Fe যত সহজে আয়নিত হয় Ag বা Hg তত সহজে হইবে না।

অধাতু মৌলের ক্ষেত্রে যে অধাতু যত উপরে সেইটি তত বেশী অপরা বিদ্যুৎ-ধর্মী।

2. অধিকতর পরাধর্মী ধাতু (যাহার স্থান উপরে) অপেক্ষাকৃত কম পরাধর্মী (যাহার স্থান নীচে) ধাতুকে উহার লবণের দ্রবণ হইতে প্রতিস্থাপন করিতে পারে। যেমন Cu কে $CuSO_4$ দ্রবণ হইতে Zn বা Fe প্রতিস্থাপিত করিতে পারে। Cu পারে Ag বা Hg-কে উহাদের লবণের দ্রবণ হইতে।

3. H_2এর উপরিস্থিত ধাতুসমূহ Z-, Fe ইত্যাদি অ্যাসিড বা জল হইতে H_2 কে প্রতিস্থাপন করিতে পারে, কিন্তু কপার পারে না।

অধাতুদের বেলায়, অধিকতর অপরাধর্মী মৌল উহা অপেক্ষা কম অপরাধর্মী মৌলকে প্রতিস্থাপন করে।

4. H_2র উপরের ধাতুগুলিকে প্রকৃতিতে কখনও মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায় না। নীচের ধাতুদিগকে প্রকৃতিতে মুক্ত অবস্থায় পাওয়া যায়।

5. অধিকতর পরা বিদ্যুৎধর্মী (উপরিস্থিত ধাতু) ধাতুদের O_2 এর প্রতি আসক্তি খুব বেশী ; উহারা বাতাসে সহজেই জারিত হয়। উহাদের অক্সাইড খুব স্থায়ী ; H_2 বা কোক দ্বারা উত্তপ্ত করিলেও উহাদের বিজারিত করা যায় না। ধাতুদের পরাধর্মিতা যতই কমিতে থাকে (অর্থাৎ ধাতুদের স্থান যতই নীচে থাকে) ধাতব অক্সাইডের স্থায়িত্ব ক্রমশঃ কমিতে থাকে।

ZnO, Fe_2O_3 ইত্যাদিকে উত্তাপে কোক দ্বারা বিজারিত করা যায়। HgO, Ag_2O প্রভৃতি কেবলমাত্র তাপ প্রয়োগেই বিজারিত হয়।

6. যে ধাতু যত উচ্চে অবস্থিত, সেই ধাতুর অক্সাইড তত বেশী তীব্র ক্ষারক ধর্মী।

7. পরা তড়িৎধর্মী মৌল অপরা তড়িৎধর্মী মৌলের মিলনে যে যৌগ উৎপন্ন হয়, তাহা সুস্থিত। মৌলগুলি যত বেশী তীব্র পরা ও অপরা ধর্মী হইবে যৌগটি তত বেশী সুস্থিত হইবে এবং ইহাদের বিজারণ সহজ সাধ্য নয়। তীব্র পরা তড়িৎধর্মী মৌলের মিলনে প্রচুর তাপের উদ্ভব হয়।

8. তীব্র পরা তড়িৎধর্মী মৌল ও তীব্র অপরা তড়িৎধর্মী মৌলের মিলনোদ্ভূত যৌগ খুবই তীব্র তড়িৎ বিশ্লেষ্য, উহাদের আয়ন বিভাজন মাত্রা খুবই বেশী ; তড়িৎ বিশ্লেষণ দ্বারা ইহাদিগকে বিশ্লিষ্ট করা যায়।

9. ধাতু-ধাতু কিংবা অধাতু-অধাতুর সংযোগে সাধারণতঃ কোন স্থায়ী যৌগ গঠিত হয় না। অধাতুদের অবস্থানের পার্থক্য যদি খুব বেশী হয় তবে উহারা স্থায়ী যৌগ গঠন করে। আর উহাদের অবস্থান যদি খুব কাছাকাছি হয়, তবে উহাদের মিলনে গঠিত যৌগ খুবই অস্থায়ী। যেমন ক্লোরিন মনোক্সাইড, Cl_2O।

10. অপরা তড়িৎধর্মী মৌল যত উপরে, তাহার হাইড্রোজেন যৌগ তত বেশী তীব্র অম্লধর্মী।

অনুশীলনী

1. জারণ বিজারণের আধুনিক সংজ্ঞা দাও। জারণ-বিজারণের পূর্বতন ও আধুনিক সংজ্ঞার মধ্যে কোন মূলগত পার্থক্য আছে কি ? উদাহরণ দ্বারা বুঝাইয়া দাও।

2. নিম্নের যৌগ ও আয়ন সমূহে প্রতিটি পরমাণুর জারণ সংখ্যা লিখ :—

(i) Ca^{2+}, (ii) OH^-, (iii) PH_3, (iv) SO_4^{-2}, (v) PO_4^{3-}, (vi) NO_2^- (vii) HSO_4^-, (viii) $S_2O_3^{2-}$.

(ii) নিম্নরেখ মৌলগুলির জারণ সংখ্যা কত ?

$\underline{H}_2$, $\underline{N}_2H_4$, $K_2\underline{Cr}_2O_7$, $K\underline{Mn}O_4$, $Na\underline{N}O_3$, $F_2\underline{O}$, $H_2\underline{O}_2$ $\underline{NH}_4Cl$, Mg, Cl_2O_7.

3. Cl^-, Cl_2, $HClO_4$, HCl, $HClO_3$, $HClO_4$ প্রভৃতিতে ক্লোরিণের জারণ স্তর কত ?

(i) N_2, N_2O, NO, N_2O_3, N_2O_5 প্রভৃতিতে নাইট্রোজেনের এবং

(ii) H_2S, SO_2, H_2SO_4, প্রভৃতিতে সালফারের

4. এমন কয়েকটি সালফার ঘটিত যৌগ বা আয়নের উদাহরণ দাও যেখানে S এর জারণ সংখ্যা (i) −1, (ii) −2, (iii) 4, (iv) 6।

5. নীচের সমীকরণগুলিতে কোনগুলি জারিত বা বিজারিত হইয়াছে, কারণ সহ উল্লেখ কর।

(i) $Zn+CuSO_4=ZnSO_4+Cu$. (ii) $H_2S+Cl_2=2HCl+S$

(iii) $PCl_3+Cl_2=PCl_5$, (iv) $CH_4+2O_2=CO_2+2H_2O$;

(v) $C+CO_2=2CO$, (vi) $Cu+S=CuS$, (vii) $2KI+Br_2=2KBr+I_2$,

(vii) $H_2+3Fe_2O_3=2Fe_3O_4+H_2O$,

(viii) $Fe_3O_4+8H^+ \rightarrow Fe^{2+}+2Fe^{3+}+4H_2O$.

6. (i) নীচের পরিবর্তন সমূহের কোনটিতে জারণ ঘটিয়াছে ? তোমার উত্তরের সমর্থনে কারণ দেখাও :—

(a) $H_2O_2 \rightarrow 2O^{2-}$, (b) $2H^- \rightarrow H_2$, (c) $Cr_2O_7^{2-} \rightarrow CrO_4^{2-}$,

(d) $MnO_2 \rightarrow MnO_4^-$ (e) $Cr(H_2O)_6^{3+} \rightarrow Cr_2O_7^{2-}$, (f) $IO_3^- \rightarrow I^-$.

নীচের পরিবর্তনগুলিতে ধাতুর জারণস্তরের পরিবর্তন উল্লেখ কর।

(i) $Co(H_2O)_6^{2+} \rightarrow CoCl_4^{2-}$, (ii) $Ni+4CO \rightarrow Ni(CO)_4$,

(iii) $Zn+2H^+ \rightarrow Zn^{2+}+H_2$, (iv) $2MnO_4^{2-}+Cl_2 \rightarrow 2MnO_4^{2-}+2Cl^-$

(ii) প্রতিক্ষেত্রেই একটি দৃষ্টান্ত দিয়া দেখাও যে (i) অক্সিজেনের সহযোগে বিজারণ ও (ii) হাইড্রোজেনের সহযোগে জারণ ঘটে।

জারণ সংখ্যা ব্যবহার করিয়া নীচের সমীকরণগুলির সমতা বিধান কর :—

(i) $Cl_2+I^- \rightarrow I_2+Cl^-$, (ii) $MnO_2+4HCl \rightarrow MnCl_2+H_2O+Cl_2$

(iii) $HNO_3+H_2S \rightarrow NO+S+H_2O$ (iv) $Fe_2(SO_4)_3+KI \rightarrow FeSO_4+I_2+K_2SO_4$

(v) $CdS+HNO_3 \leftarrow Cd(NO_3)_2+S+NO+H_2O$

(vi) $Cu+HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2+NO+H_2O$

(vii) $K_2Cr_2O_7+HCl \rightarrow KCl+CrCl_3+H_2O+Cl_2$

(viii) $KMnO_4+HCl \rightarrow KCl+MuCl_2+H_2O+Cl_2$

(ix) $H_2SO_4+KI \rightarrow K_2SO_4+I_2+H_2S+H_2S+H_2O$ (x) $NH_3+O_2 \rightarrow NO+H_2O$.

৪. তাড়িত রাসায়নিক শ্রেণী কি ? উহার বৈশিষ্ট্য বিবৃত কর।

নবম পরিচ্ছেদ

ভরক্রিয়া সূত্র ঃ রাসায়নিক সাম্য, সাম্য ধ্রুবক ঃ লা শাটেলীয়র নীতি

[Law of mass action, Chemical equilibrium, equilibrium constant, Le' chatelier's Principle.]

রাসায়নিক বিক্রিয়া মূলতঃ পরমাণুর পুণর্বিন্যাস ; পরমাণুদের পুরাতন বন্ধন ভাঙ্গিয়া গিয়া নূতন বন্ধনের স্বষ্টি হয়।

কোন কোন বিক্রিয়া খুব দ্রুত নিষ্পন্ন হয়, কোনটা চলে অতি মন্থর গতিতে ; আবার কোন কোনটার হার মাঝারি ধরণের। H_2 ও Cl_2-এর বিক্রিয়া, গানপাউডারের বিস্ফোরণ, NaCl ও $AgNO_3$ (দ্রবণে)-এর বিক্রিয়া খুব দ্রুত ঘটে। অম্ল-ক্ষারের প্রশমন বিক্রিয়া 10^{-6} সেকেণ্ডেরও কম সময়ে সম্পন্ন হয়। H_2 ও I_2-এর রাসায়নিক মিলনে অতি ধীরে ধীরে HI উৎপন্ন হইতে থাকে ; ভূতাত্ত্বিক বিক্রিয়া সমূহ (Geological processes) দশ লক্ষ বছরেরও বেশী সময় লাগে।

বিক্রিয়ার হার (i) বিক্রিয়কের প্রকৃতি, (ii) উষ্ণতা, (iii) চাপ, (iv) অনুঘটকের উপস্থিতি প্রভৃতির উপর নির্ভর করে। একক সময়ে অর্থাৎ এক সেকেণ্ডে বিক্রিয়কের যে পরিমাণ হ্রাস পায় কিংবা বিক্রিয়া জাত পদার্থের যে পরিমাণ স্বষ্টি হয়, তাহাই 'বিক্রিয়ার হারের' পরিমাপক। H_2O_2-এর মিশ্রণ দীর্ঘকাল রাখিয়া দিলেও কোন পরিবর্তন পরিলক্ষিত হয় না। সামান্য একটি অগ্নিস্ফুলিঙ্গ বা তড়িৎ মোক্ষণ উহাকে তৎক্ষণাৎ জলীয় বাষ্পে পরিণত করে। $KClO_3$-র বিভাজন উচ্চ তাপমাত্রায় অর্থাৎ অতি মন্থর ভাবে ঘটে ; MnO_2-এর উপস্থিতি উহার বিভাজন ত্বরান্বিত করে। অন্ধকারে AgCl নির্বিকার কিন্তু আলোর সান্নিধ্যে উহা বিয়োজিত হইয়া যায়।

ইহা ছাড়াও, বিক্রিয়ার হার বিক্রিয়কের পরিমাণের উপর নির্ভর করে। এই পরিমাণ অবশ্য বিক্রিয়কের মোট পরিমাণ নয়—প্রকৃত পক্ষে উহার গাঢ়ত্ব। বিক্রিয়কের গাঢ়ত্ব যত বেশী হইবে, বিক্রিয়ার হার তত বেশী হইবে। একটি লঘু দ্রবণে H_2O_2-র বিয়োজন এক সেকেণ্ডে যত ঘটে, তদপেক্ষা বেশী ঘটে গাঢ় দ্রবণে। দুইটি পাত্রে একই নমুনার ও একই পরিমাণের (0·1 গ্রাঃ) দুইটি Zn-এর টুকরা আলাদা ভাবে রাখিয়া একটিতে 50 সি. সি., অপরটিতে 500 সি.সি. (0·1M) H_2SO_4 যোগ করিলে দেখা যাইবে যে উভয় ক্ষেত্রেই H_2 উৎপাদনের হার অর্থাৎ বিক্রিয়ার হার একই। উভয় পাত্রেই H_2SO_4-র মোট পরিমাণ বিভিন্ন (যথাক্রমে 0·49 ও 4·9 গ্রাম

—একটিতে 10 গুণ বেশী) কিন্তু H_2SO_4-এর গাঢ়ত্ব একই। অনুরূপ অপর একটি পরীক্ষায় সমান আয়তনের ও একই লঘু H_2SO_4 যোগ করিয়া একটির H_2SO_4 জল সংযোগে লঘু করা হইলে দেখা যাইবে লঘুকৃত (diluted) H_2SO_4-র বিক্রিয়া মন্থর গতিতে চলে। এখানে উভয় ক্ষেত্রেই H_2SO_4-এর পরিমাণ সমান কিন্তু গাঢ়ত্ব ভিন্ন।

ভরক্রিয়া সূত্র ঃ বিক্রিয়ার হার সম্বন্ধে গুল্ডবার্গ এবং ভাঁগে (Guldberg and Waage, 1861) একটি সূত্রাকারে প্রকাশ করেন। সূত্রটি 'ভরক্রিয়া সূত্র' (Law of mass action) নামে আখ্যাত **"নির্দিষ্ট উষ্ণতায় যে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার হার প্রত্যেকটি বিক্রিয়কের 'সক্রিয় ভরের' সমানুপাতিক।"** অর্থাৎ বিক্রিয়কের (বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণকারী পদার্থ) সক্রিয়ভর যদি বাড়ে, বিক্রিয়ার হার বৃদ্ধি পায় আর যদি সক্রিয়ভর কমে, বিক্রিয়ার হার হ্রাস পায়। বিক্রিয়কের সক্রিয় ভর মোটামুটিভাবে উহার গাঢ়ত্ব ধরা যায়। বিক্রিয়কের গাঢ়ত্ব বলিতে বিক্রিয়কের আণবিক গাঢ়ত্ব (molar concentration) অর্থাৎ লিটার প্রতি মোল এবং গ্যাসের বেলায় অংশ প্রেষ (partial pressure) বুঝায়। [বিক্রিয়ক অণুদের মধ্যে পারস্পরিক ক্রিয়া বা বাধা না ঘটিলে আণবিক গাঢ়ত্বই সক্রিয়-ভর। বিশেষতঃ আয়ন সম্বলিত বিক্রিয়ায় পারস্পরিক বাধা বা ক্রিয়া ঘটিয়া থাকে]

A ও B যদি একটি বিক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করিয়া থাকে অর্থাৎ

$$A+B\rightarrow \text{উৎপন্ন পদার্থ বা পদার্থ সমূহ}$$

তাহা হইলে, এই বিক্রিয়ার হার (R_{AB}) (ভর-ক্রিয়া সূত্র অনুসারে)

$R_{AB} \propto [A][B]$; [A], [B] বিক্রিয়ক দুইটির যথাক্রমে আণবিক গাঢ়ত্ব প্রকাশ করে।

বা, $R_{AB}=K[A][B]$; K একটি ধ্রুবক : উহাকে বেগ ধ্রুবক (velocity constant) বলা হয়। একই পদার্থের (A) দুইটি অণুর মধ্যে যদি বিক্রিয়া সংঘটিত হয় অর্থাৎ $2A=A+A\rightarrow$ উৎপন্ন পদার্থ বা পদার্থ সমূহ, তাহা হইলে,

$$R_A[A][A], \text{ বা, } R_A=K[A]^2$$

A ও B গ্যাসীয় হইলে, উহাদের অংশপ্রেষ আণবিক গাঢ়ত্বের পরিবর্তে ব্যবহৃত হয়। সেই ক্ষেত্রে, $R_{AB}=Kp_Ap_B$; p_A, p_B, A ও B-র যথাক্রমে অংশপ্রেষ।

[অংশপ্রেষ একক আয়তনে বর্তমান মোলের সংখ্যার সমানুপাতিক] সাধারণ বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে $xA+yB+zC\rightarrow$ বিক্রিয়াজাত পদার্থ বা পদার্থ সমূহ বিক্রিয়ার হার$=K[A]^x.[B]^y.[C]^z.=K'pA.^x pB.^y pC.^z$.

নির্দিষ্ট অবস্থায় একটি নির্দিষ্ট বিক্রিয়ার বেগ-ধ্রুবক একেবারে সুনির্দিষ্ট। বিক্রিয়ার প্রকৃত হার অবশ্য পরিবর্তিত হয়, কারণ বিক্রিয়া চলিতে থাকিলে বিক্রিয়ক নিঃশেষিত হইতে থাকে, ফলে বিক্রিয়ার হারও ক্রমশঃ হ্রাস পাইতে পাইতে অবশেষে বিক্রিয়াটি বন্ধ হইয়া যায়।

একমুখী বিক্রিয়া ও উভমুখী বিক্রিয়া (Irreversible reactions and Reversible reactions)

একমুখী বিক্রিয়া : বহু রাসায়নিক বিক্রিয়াতে বিক্রিয়ক বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করিয়া একেবারে নিঃশেষিত হইয়া যায়। অর্থাৎ বিক্রিয়া এক দিকেই (বিক্রিয়াজাত পদার্থ উৎপন্ন করিয়াই) চলে। এই প্রকারের বিক্রিয়াকে একমুখী বিক্রিয়া বলে। যেমন,

(i) $Zn+H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4+H_2$; (ii) $2KClO_3 \rightarrow 2KCl+3O_2$

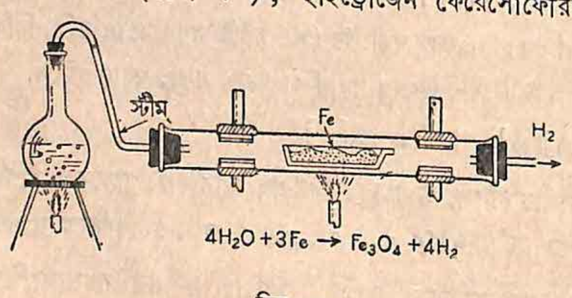
(iii) $NaOH+HCl \rightarrow NaCl+H_2O$;

(iv) $NaCl+AgNO_3 \rightarrow AgCl+NaNO_3$ প্রভৃতি একমুখী বিক্রিয়া।

উভমুখী বিক্রিয়া : বহু বিক্রিয়াই একেবারে সম্পূর্ণ হয় না। বিক্রিয়াজাত পদার্থ-সমূহ নিজেদের মধ্যে বিক্রিয়া করিয়া আদি বিক্রিয়ক গঠন করিয়া থাকে। যেমন অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উত্তাপে অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইডে বিয়োজিত হয় ; আবার অ্যামোনিয়া ও হাইড্রোজেন ক্লোরাইড বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন করে।

(i) $NH_4Cl \rightarrow NH_3+HCl$; $NH_3+HCl \rightarrow NH_4Cl$.

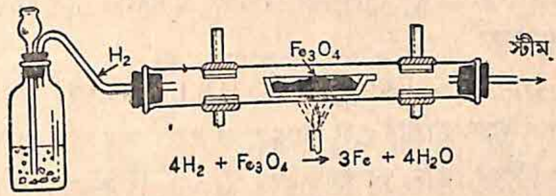
লালতপ্ত আয়রণ স্টীমের সহিত বিক্রিয়ায় ফেরেসোফেরিক অক্সাইড (Fe_3O_4) ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে (চিত্র ২০) ; হাইড্রোজেন ফেরেসোফেরিক অক্সাইডকে



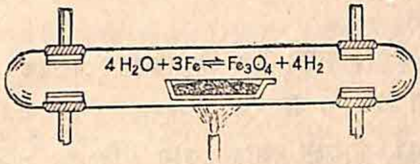
চিত্র—২০

বিজারিত করিয়া আয়রন ও স্টীমে পরিণত করে (চিত্র, ২১)। হাইড্রোজেন ও স্টীমের নিষ্ক্রমণের পথ বিক্রিয়া পাত্রে খোলা থাকিলে বিক্রিয়া দুইটি সম্পূর্ণ হয়। কিন্তু একটি

সীল করা টিউবে ষ্টিম ও লাল তপ্ত আয়রনের বিক্রিয়া নিষ্পন্ন হইলে বিক্রিয়া দুই দিকে ঘটে (চিত্র, ২২)।



চিত্র—২১



চিত্র—২২

$4H_2O+3Fe \rightarrow Fe_3O_4+4H_2$; $Fe_3O_4+4H_2 \rightarrow 3Fe+4H_2O$

এই প্রকারের বিক্রিয়াকে অর্থাৎ যে বিক্রিয়া দুইদিকেই চলে তাহাকে বলে উভমুখী বিক্রিয়া।

উভমুখী বিক্রিয়ার সমীকরণে সমান চিহ্নের পরিবর্তে দুইটি বিপরীত মুখী তীর চিহ্ন ব্যবহার করা হয়। নিম্নে কতকগুতি উভমুখী বিক্রিয়ার দৃষ্টান্ত দেওয়া হইল ;

(i) $H_2+I_2 \rightleftharpoons 2HI$; (ii) $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$

(iii) $N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ (iv) $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$

(v) $CO_2+H_2 \rightleftharpoons CO+H_2O$; (vi) $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons SO_3$

$CH_3COOH + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5+H_2O$

সাধারণ ভাবে একটি উভমুখী বিক্রিয়াকে $A+B \rightleftharpoons C+D$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

রাসায়নিক সাম্য ও সাম্য ধ্রুবক : (Chemical equilibrium and Equilibrium constant) :

ধরা যাক, $A+B \rightleftharpoons C+D$ একটি উভমুখী বিক্রিয়া। প্রথম অবস্থায় গাঢ়ত্ব

$[A]\ [B]\ \ 0\ \ 0$

প্রথমাবস্থায় ধরা যাক A ও B বিক্রিয়ক দুইটির গাঢ়ত্ব [A] ও [B]। ইহাদের মধ্যে যখন বিক্রিয়া ঘটিতে থাকিবে সময়ের সঙ্গে উহাদের গাঢ়ত্ব ক্রমশঃ কমিতে থাকিবে এবং বিক্রিয়ার হারও R_{AB}, কমিতে থাকিবে ; যেহেতু বিক্রিয়ার হার বিক্রিয়কের গাঢত্বের উপর নির্ভর করে।

পক্ষান্তরে, প্রথমাবস্থায় কোন C ও D ছিল না ; উহারা বিক্রিয়া আরম্ভের সঙ্গে উৎপন্ন হইতে থাকিবে। সময় যতই যাইবে, ক্রমশঃ উহাদের পরিমাণ অর্থাৎ গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পাইবে এবং C ও D এর বিক্রিয়ার হার, R_{CD}, সময়ের সঙ্গে বাড়িতে থাকিবে। ভরক্রিয়া সূত্র অনুসারেঃ

$R_{AB}=K_1$ [A] [B] ; $R_{CD}=K_2$ [C] [D]। সময় যতই অতিক্রান্ত হইবে R_{AB} ততই হ্রাস পাইতে থাকিবে এবং অপর পক্ষে R_{CD} তত বৃদ্ধি পাইতে থাকিবে। এইভাবে চলিতে চলিতে কোন এক সময় উভয় দিকের বিক্রিয়ার হার এক সমান হইয়া যাইবে অর্থাৎ $R_{AB}=R_{AD}$ অর্থাৎ সম্মুখ দিকের বিক্রিয়ার হার=পশ্চাৎ দিকের বিক্রিয়ার হার।

এই অবস্থায় প্রতি সেকেণ্ডে যতটা C ও D প্রস্তুত হইবে ঠিক ততটা পরিমাণ C ও D বিক্রিয়া করিয়া A ও B তে পরিণত হইবে অর্থাৎ এই অবস্থায় A এবং B. C এবং D-এর গাঢ়ত্বের আর কোন পরিবর্তন হইবে না। ইহাদের বিক্রিয়া কিন্তু থামিয়া যায় না কিংবা বিক্রিয়া ঠিক ঠিক 50%ও ঘটে না ; উভয় দিকেই বিক্রিয়া একই সঙ্গে সমান বেগে ঘটিতে থাকিবে। উভমুখী বিক্রিয়ার এইরূপ অবস্থাকে বলে **'রাসায়নিক সাম্যের'** অবস্থা। উভমুখী বিক্রিয়ার দুই দিকের বিক্রিয়ার হার সমান হওয়ার অবস্থাই রাসায়নিক সাম্য। ইহা একটি গতিশীল সাম্য (dynamic equilibrium)।

সাম্যাবস্থায় সম্মুখ বেগের হার (K_{AB}) = প্রতিমুখী বেগের হার (R_{CD}).

$$\therefore\ K_1[A][B]=K_2[C][D]$$

$$\therefore\ \frac{[C][D]}{[A][B]}=\frac{K_1}{K_2}=K.[K= \text{ধ্রুবক}]$$

সাধারণভাবে $xA+yB+\cdots\rightleftharpoons rC+rD+\cdots$

$$\text{বা},\ K=\frac{[C]x\times[D]^s\times\cdots}{[A]x\times[B]^y\times\cdots}$$

K কে বিক্রিয়ার **সাম্যধ্রুবক** বলে এবং [A] [B] [C] ইত্যাদি উপাদান সমূহের সাম্যাবস্থার গাঢ়ত্ব বা সাম্য গাঢ়ত্ব। সাম্য গাঢ়ত্ব সম্মুখ ও প্রতিমুখী বেগধ্রুবকের অনুপাতের সমান এবং নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একটি নির্দিষ্ট উভমুখী বিক্রিয়ার সাম্য ধ্রুবকের মান নির্দিষ্ট। 25°C উষ্ণতায়,

$$CH_3COOH+C_2H_5OH\rightleftharpoons CH_3COOC_2H_5+H_2O$$

এই সাম্যধ্রুবকের মান 4 ; অর্থাৎ $\frac{[CH_3COOC_2H_5]\,[H_2O]}{[CH_3COOH][C_2H_5OH]}=4$

সাম্যধ্রুবক চাপ, গাঢ়ত্ব, অনুঘটকের উপস্থিতি বা অনুপস্থিতি নিরপেক্ষ ; কিন্তু তাপমাত্রার উপর নির্ভর করে।

চাপ বাড়াইলে বিক্রিয়ক অণু কাছাকাছি আসে ; ফলে বিক্রিয়ার হার বাড়ে কিন্তু বেগধ্রুবক অপরিবর্তিত থাকে। বিক্রিয়ার ফলে আয়তনের হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটিলে চাপের পরিবর্তন সাম্যগাঢ়ত্বের পরিবর্তন ঘটায় কিন্তু সাম্যধ্রুবক অপরিবর্তিত থাকে ; ফলে সাম্যবিন্দুর স্থান পরিবর্তন হয়। বিক্রিয়ার উপাদান কঠিন বা তরল হইলে চাপের পরিবর্তন বিক্রিয়ার উপর কোন প্রভাব পড়ে না।

উষ্ণতা বাড়িলে বিক্রিয়ার হার বাড়ে ; প্রতি 10° C. উষ্ণতা বৃদ্ধিতে বিক্রিয়ার হার দ্বিগুণ বাড়ে [প্রতি 1° C. উষ্ণতা বৃদ্ধিতে প্রায় 10% ভাগ বৃদ্ধি পায়]। উষ্ণতা বৃদ্ধিতে আণবিক গতি বৃদ্ধি পায়, ফলে আন্তঃ আণবিক সংঘর্ষও। সেইজন্য বিক্রিয়ার হার বাড়ে। উভমুখী বিক্রিয়ার দুই দিকের (বিপরীত মুখী) বিক্রিয়াই প্রভাবিত হয় কিন্তু সমান ভাবে নয় ; $(K_1 \neq K_2)$ কাজেই তাপমাত্রার পরিবর্তনে সাম্য গাঢ়ত্ব, সাম্যবিন্দু ও সাম্য ধ্রুবকের পরিবর্তন ঘটে।

অনুঘটক বিক্রিয়ার হারকে ত্বরান্বিত করে এবং দুই দিকের বিক্রিয়াকে সমভাবেই ত্বরান্বিত করে। সাম্যধ্রুবক ও সাম্যগাঢ়ত্ব অপরিবর্তিত থাকে তবে সাম্যাবস্থা দ্রুততর প্রতিষ্ঠিত হয়।

1. কতিপয় বিক্রিয়া ও সাম্যাবস্থার প্রকাশ :

বিক্রিয়া	K
$CO_2 + H_2 \rightleftharpoons CO + H_2O$;	$\frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]}$;
$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$;	$\frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$
$N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$;	$\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$
$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$;	$\frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]}$

বিভিন্ন রকমের সাম্যধ্রুবক : K_P এবং K_C :

সাধারণভাবে কোন বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক K দ্বারা নির্দেশিত হয় ; তবে আনবিক (মোলার) গাঢ়ত্বের ভিত্তিতে নির্ণীত সাম্যধ্রুবক Kর পরিবর্তে K_C দ্বারা প্রকাশ করা হয়। অর্থাৎ $A + B \rightleftharpoons C + D$; $K_C = \frac{[C][D]}{[A][B]}$। গ্যাসীয় বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে সাম্যধ্রুবক K_P দ্বারা প্রকাশ করা হয় ; কেননা গ্যাসীয় পদার্থের গাঢ়ত্ব উহার অংশপ্রেষের সমানুপাতিক। উপরের বিক্রিয়ায় A, B, C, Dর অংশপ্রেষ যথাক্রমে P_A, P_B, P_C, P_D ; $K_P = \frac{P_C \times P_D}{P_A \times P_B}$

K_P ও K_Cর মধ্যে সম্পর্ক :

আমরা জানি, $PV=nRT$ বা $P=\frac{n}{V}RT=CRT$ (C=আণবিক গাঢ়ত্ব)

∴ সেই বিচারে $P_A=[A]RT$; $P_B=[B]RT$

সুতরাং $xA+yB+\cdots\rightleftharpoons rC+sD+\cdots\cdots$

$$K_P=\frac{P_C{}^r\times P_D{}^s\times\cdots}{P_A{}^x\times P_B{}^y\times\cdots}=\frac{[C]^r\times[D]^s\times\cdots\times RT^{r+s+\cdots}}{[A]^x.[B]^y\times\cdots\times RT^{x+y+\cdots}}$$

$$=\frac{[C]^r.[D]^s}{[A]^x[B]^y}.RT^{(r+s+\cdots)-(x+y+\cdots)}=K_CRT^{\Delta n}$$

$\Delta n=r+s+\cdots\ -(x+y+\cdots)$ = বিক্রিয়াজাত অণুর সংখ্যা
− বিক্রিয়ক পদার্থর অণুর সংখ্যা।

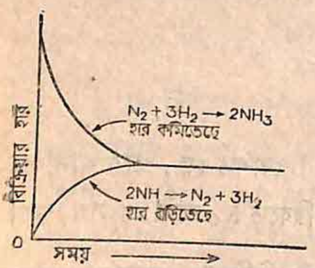
যখন $\Delta n=0$ [অর্থাৎ যখন উৎপন্ন পদার্থের অণুর সংখ্যা ও বিক্রিয়ক অণুর সংখ্যা সমান], তখন $K_P=K_C$; অন্যান্য ক্ষেত্রে $K_P\neq K_C$

রাসায়নিক সাম্যের বৈশিষ্ট্য :

সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়ালব্ধ পদার্থের মধ্যে কতিপয় বৈশিষ্ট্য দেখা যায়।

(ii) **স্থায়িত্ব :** নির্দিষ্ট উষ্ণতায় সাম্য প্রতিষ্ঠিত হইলে বিক্রিয়ক ও বিক্রিয়াজাত উপাদান সমূহের গাঢ়ত্বের (সাম্য) আর কোন পরিবর্তন হইবে না। উষ্ণতার পরিবর্তনে অবশ্য সাম্যের ব্যতিক্রম ঘটে।

(ii) উভয়দিক হইতে সাম্যের প্রতিষ্ঠা : বিক্রিয়া দুই দিকেই চলে অর্থাৎ বিক্রিয়ক যেমন রাসায়নিক পরিবর্তনে নূতন পদার্থ উৎপন্ন করে বিক্রিয়াজাত পদার্থ আবার বিক্রিয়া করিয়া আদি বিক্রিয়ক গঠন করে এবং নির্দিষ্ট উষ্ণতায় একই সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠিত হইবে।



চিত্র—২৩

200°C উষ্ণতা 30 অ্যাটমসফিয়ার চাপে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের রাসায়নিক মিলনে (সাম্যাবস্থায় উপনীত হইলে) 67·6% অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় ; অপর দিকে একই উষ্ণতা ও চাপে অ্যামোনিয়া বিয়োজিত হইয়া (সাম্যাবস্থায় আসিলে) 32·4% হ্রাস পায়। অর্থাৎ যেদিক হইতে বিক্রিয়া শুরু করা যাক না কেন 30 অ্যাটমসফিয়ার চাপ ও 200°C উষ্ণতায় সাম্যাবস্থায় 67·6% NH_3 এবং 32·4%N_2—H_2 মিশ্রণ থাকে (চিত্র, ২৩)।

(iii) **বিক্রিয়ার অসম্পূর্ণতা** : কোন উভমুখী বিক্রিয়াই একেবারে সম্পূর্ণ হইতে পারে না। A এবং B হইতে C এবং D উৎপন্ন হইলে C এবং Dর কিছু বিক্রিয়া করিয়া A এবং B পুনরায় সৃষ্টি করিবেই। কোন উপাদানই একেবারে লোপ পাইবে না। যদি কোন একটি উপাদান লোপ পায় তাহা হইলে বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হইবে।

উভমুখী বিক্রিয়া যে দুই দিকে চলে তাহার সমর্থনে নীচে কয়েকটি পরীক্ষার উল্লেখ করা হইল।

1. অল্প মাত্রায় হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডে বিসমাথ ক্লোরাইডের ($BiCl_3$) লঘু দ্রবণ স্বচ্ছ ও বর্ণহীন। উহাতে জল মিশাইলে $BiCl_3$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া বিসমাথ অক্সিক্লোরাইডের (BiOCl) সূক্ষ্ম সাদা অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়; ফলে স্বচ্ছ দ্রবণ ঘোলাটে হইয়া যায়।

$$BiCl_3+H_2C\rightleftharpoons BiOCl+2HCl$$

ঘোলাটে দ্রবণে HCl যোগ করিলে উহা আবার স্বচ্ছ হইয়া যায় অর্থাৎ বিক্রিয়া ডান হইতে বাম দিকে চলে। জল বা HCl সংযোগে বিক্রিয়াটি যথাক্রমে বাম→ডান কিংবা ডান→বাম দিকে চলে। বিক্রিয়ার সাম্য বিন্দু (equilibrium point) স্থানান্তরিত (shifted) হয়।

2. কপার সালফেটের জলীয় দ্রবণে (নীলবর্ণ) অ্যামোনিয়া দিলে ফিকে নীলবর্ণের কপার হাইড্রক্সাইডের অধঃক্ষেপ পড়ে; অধঃক্ষেপটি অতিরিক্ত পরিমাণ অ্যামোনিয়াতে কপার অ্যামিনের জটিল যৌগ সৃষ্টি করিয়া দ্রাব্য হয় এবং দ্রবণের বর্ণ হয় গাঢ় নীল। উত্তাপে অ্যামোনিয়াকে দূরীভূত করিলে আবার অধঃক্ষেপ পড়ে।

$$CuSO_4+2NH_4OH\rightleftharpoons Cu(OH)_2+(NH_4)_2SO_4$$
$$Cu(OH)_2+4NH_4OH\rightleftharpoons[Cu(NH_3)_4](OH)_2+4H_2O$$

3. ফেরিক ক্লোরাইড ($FeCl_3$) ও অ্যামোনিয়াম থায়োসায়ানেটের (NH_4CNS) বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম ফেরিকথায়োসায়ানেট, $(NH_4)_3Fe(CN)_6$ ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয়।

$$FeCl_3+6NH_4CNS\rightleftharpoons(NH_4)_3\,Fe(CNS)_6+3NH_4Cl.$$

$(NH_4)_3\,Fe(CNS)_6$-এর বর্ণ গাঢ় রক্তলাল।

এখন 0·01 (M) $FeCl_3$ [এক লিটারে 0·01×162 গ্রাম ($FeCl_3$) ও 0·06 (M) NH_4CNS (এক লিটারে 0·06×76 গ্রাম NH_4CNS) দ্রবণ সম আয়তনে একত্রে মিশাইলে লাল বর্ণের দ্রবণ পাওয়া যায়। উৎপন্ন লাল বর্ণের দ্রবণটিকে চারিটি

অংশে পৃথক করিয়া প্রথম, দ্বিতীয়, তৃতীয় ও চতুর্থ অংশে যথাক্রমে $FeCl_3$, NH_4CNS, NH_4Cl ও জল সামান্য পরিমাণে যোগ করিলে প্রথম ও দ্বিতীয় অংশের দ্রবণের বর্ণ গাঢ়তর হয় ; তৃতীয়টির বর্ণ ফিকে হইয়া যায় আর চতুর্থটির বর্ণ অপরিবর্তিত থাকে। বর্ণের তীব্রতা $(NH_4)_3Fe(CNS)_6$ -এর গাঢ়ত্বের উপর নির্ভরশীল। $FeCl_3$, NH_4CNS যে কোনটির মাত্রা বাড়িলে $(NH_4)_3Fe(CNS)_6$ -এর পরিমাণ বাড়ে আর ইহা কমে NH_4Cl-এর সংযোগে। লঘুকরণে ইহার কোন হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে না। বিক্রিয়ার উপাদান সমূহের হ্রাস বৃদ্ধি ঘটাইলে সাম্য গাঢ়ত্বের হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে ; সাম্য বিন্দুর স্থান পরিবর্তন হয়।

উপরের পরীক্ষা হইতে রাসায়নিক সাম্যের উপর ভরের প্রভাবও স্পষ্ট বোঝা যায়।

লা-শাটেলীয়রের নীতি (Le' Chateliers principle) :

উষ্ণতা, চাপ, গাঢ়ত্ব প্রভৃতি পরিবর্তন করিলে রাসায়নিক সাম্যাবস্থায় কি প্রতিক্রিয়া ঘটিবে তাহা ফরাসী বিজ্ঞানী লা-শাটেলীয়র নির্দেশ করেন। ইহা "লা-শাটেলীয়রের নীতি বলিয়া প্রখ্যাত।

কোন একটি সিস্টেমে (System) সাম্যাবস্থায় যদি প্রতিবাধা (constraint) সৃষ্টি করা হয়, তাহা হইলে যে দিক গেলে প্রতিবাধা নিষ্ক্রিয় বা প্রতিহত হয় সিস্টেমটি সেই দিকেই অগ্রসর হইবে। "Any system in equilibrium shifts the equilibrium when subjected to any constraint in the direction which tends to nullify the effect of the constraint". বিক্রিয়া যে দিকে গেলে আয়তন হ্রাস পায়, চাপ বৃদ্ধি সেই দিকের বিক্রিয়াকেই সাহায্য করিবে। আর বিক্রিয়া যে দিকে গেলে তাপ মাত্রা শোষিত হয়, তাপমাত্রা বৃদ্ধি সেই দিকের বিক্রিয়াকে সাহায্য করিবে। তাপগ্রাহী বিক্রিয়ার ক্ষেত্রে উচ্চ তাপমাত্রা এবং তাপ উদ্গারী বিক্রিয়া ক্ষেত্রে নিম্ন তাপমাত্রা অনুকূল।

$$A \rightleftharpoons B + \text{তাপ}$$

অধিকতর আয়তন (আয়তন হ্রাস)

চাপব�ৃদ্ধি——→

←——চাপহ্রাস

তাপমাত্রাহ্রাস——→

←——তাপমাত্রাবৃদ্ধি

বিক্রিয়ার হার, বেগধ্রুবক, সাম্যগাঢ়ত্ব, সাম্যধ্রুবক প্রভৃতির উপর অনুঘটক, চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব নীচে দেখান হইল :

	বিক্রিয়া হার	বেগ ধ্রুবক	সাম্যগাঢ়ত্ব	সাম্যধ্রুবক
অনুঘটকের উপস্থিতি	পরিবর্তন হয়	পরিবর্তন হয়	অপরিবর্তিত	অপরিবর্তিত
উষ্ণতা বৃদ্ধি উষ্ণতা হ্রাস	বাড়ে কমে	বাড়ে কমে	পরিবর্তন হয় "	পরিবর্তন হয় "
চাপ বৃদ্ধি	বৃদ্ধি পায় (গ্যাসের ক্ষেত্রে)	অপরিবর্তিত	পরিবর্তন হয় যদি আয়তনের পরিবর্তন হয়	অপরিবর্তিত
চাপ হ্রাস	হ্রাস পায় (গ্যাসের ক্ষেত্রে)	অপরিবর্তিত	"	"

লা-শাটেলীয়রের নীতির প্রয়োগ :

(A) **ভৌত প্রক্রিয়ার সাম্যাবস্থা ক্ষেত্রে :**

(i) **দ্রাব্যতার উপর চাপের প্রভাব** (Effect of pressure on solubility) : মনে করা যাক, একটি গ্যাস কোন দ্রাবকে দ্রবীভূত আছে এবং গ্যাসটি দ্রবণের সহিত সাম্যাবস্থায় রহিয়াছে।

$$\text{দ্রবীভূত গ্যাস} \rightleftharpoons \text{দ্রবণের উপরিস্থিত গ্যাস}$$

এখন, গ্যাসটির উপর যদি চাপ বৃদ্ধি করা যায়, চাপ বৃদ্ধি প্রতিহত করিতে সিস্টেমটি প্রয়াসী হইবে এবং সেই ক্ষেত্রে গ্যাসের আয়তন সঙ্কুচিত হওয়াই একমাত্র উপায় অর্থাৎ চাপ বৃদ্ধিতে গ্যাসের দ্রবণীয়তা বৃদ্ধি পাইবে। সাধারণ চাপ ও 0°C উষ্ণতায় 100 সি.সি. জলে 0·835 গ্রাম CO_2 দ্রবীভূত থাকে ; চাপ দ্বিগুণ বাড়াইলে একই পরিমাণ জলে 0·670 গ্রাম CO_2 দ্রবীভূত হয়।

অনুরূপভাবে দ্রব হওয়ার ফলে যে কঠিন পদার্থের আয়তন কমিয়া যায় তাহার দ্রাব্যতা চাপ বৃদ্ধিতে বাড়ে ; আর যাহার আয়তন বাড়িয়া যায়, তাহার দ্রাব্যতা চাপ বৃদ্ধিতে কমে।

(ii) **দ্রাব্যতার উপর উষ্ণতার প্রভাব** (Effect of temperature on solubility) :

পটাশিয়াম নাইট্রেটের সম্পৃক্ত দ্রবণ বিবেচনা করা যাক। সম্পৃক্ত দ্রবণে দ্রবীভূত KNO_3 ও অদ্রাব্য কঠিন (সম্পৃক্ত দ্রবণের থিতানো) KNO_3-এর সহিত সাম্যাবস্থায় থাকে। অদ্রবীভূত দ্রাব⇌দ্রবণের দ্রাব। পটাশিয়াম নাইট্রেট তাপ শোষণ করিয়া জলে দ্রবীভূত হয়, সুতরাং উহার দ্রবণের তাপমাত্রা যদি বৃদ্ধি করা হয় তাহা হইলে দ্রাব ও দ্রবণের সাম্যাবস্থা বিঘ্নিত হইবে। সিস্টেম যে দিকে গেলে তাপমাত্রা বৃদ্ধির প্রভাব নিষ্ক্রিয় হইবে অর্থাৎ তাপ শোষণ হইবে, সিস্টেম সেই দিকেই চলিতে থাকিবে। ফলে তাপমাত্রা বাড়িতে পারিবে না। অর্থাৎ তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে KNO_3 এর দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পাইবে। $0^\circ C$-এ KNO_3-এর দ্রাব্যতা (100 গ্রাম জলে) 13·5 গ্রাম ; $100^\circ C$ এ 247 গ্রাম।

ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড বা ক্যালসিয়াম অ্যাসিটেট জলে দ্রবীভূত হওয়ার ফলে তাপ উদ্গীরণ করে। ফলে তাপমাত্রা বৃদ্ধির ফলে ইহাদের দ্রবণীয়তা হ্রাস পায়।

(iii) **বরফের গলনাঙ্কের উপর চাপের প্রভাব** (Effect of pressure on the melting point of ice) :

বায়ুমণ্ডলীর চাপ ও $0^\circ C$ উষ্ণতায় এক টুকরা বরফ জলের একটি মিশ্রণকে একটি সিলিণ্ডারে লইয়া পিষ্টনের সাহায্যে বরফ ও জলের উপর চাপ বৃদ্ধি করা হইল। চাপ বৃদ্ধি প্রতিহত করিতে সিস্টেমের আয়তন হ্রাস পাইতে প্রয়াসী হইবে। একই উষ্ণতায় বরফের আয়তন অপেক্ষা জলের আয়তন কম ; কাজেই কিছুটা বরফ গলিয়া যাইবে। অর্থাৎ চাপবৃদ্ধির ফলে বরফের গলনাঙ্ক কমিয়া যায়।

(B) রাসায়নিক শিল্পোৎপাদন ক্ষেত্রে :

(i) হাইড্রোজেন ও নাইট্রোজেনের সংযোগে অ্যামোনিয়া উৎপাদন : N_2 ও H_2 এর সংশ্লেষণ NH_3 উৎপাদন বিক্রিয়াটি (a) তাপ উদ্গারী এবং বিক্রিয়ার ফলে (b) আয়তনের হ্রাস ঘটে :

N_2	+	$3H_2$	⇌	$2NH_3$	+ 22,400 ক্যালোরি
1 আয়তন		3 আয়তন		2 আয়তন	আয়তন হ্রাস = 2 আয়তন

(a) **চাপের প্রভাব :** এই বিক্রিয়ায় আয়তন হ্রাস পায়।

সুতরাং বিক্রিয়ার সাম্যচাপ বৃদ্ধি করিলে সিস্টেমটি চাপের প্রভাব হইতে মুক্তি পাইবার জন্য অবশ্যই সঙ্কুচিত হইতে সচেষ্ট হইবে। গ্যাসের আয়তন অণুসংখ্যার উপর

নির্ভর করে। কাজেই যে দিকে অণুসংখ্যা কম, সেই দিকেই বিক্রিয়াটি ঘটিতে থাকিবে। এই বিক্রিয়াতে যতই অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়, অণুসংখ্যা ততই কমিবে। সেকারণে চাপ বৃদ্ধিতে বেশী NH_3 পাওয়া যায়।

উষ্ণতা 400°C

চাপ	10	100	200	1000
উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার পরিমাণ (%)	3·85	25·0	36·3	80·0

(b) **তাপমাত্রার প্রভাব :**

সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে বিক্রিয়া যে দিকে গেলে তাপ শোষিত হইবে সেই দিকে বিক্রিয়া ঘটিতে থাকিবে। অ্যামোনিয়া উৎপাদন কালে তাপের উদ্গীরণ হয় আর অ্যামোনিয়ার বিভাজনে তাপ গৃহীত হয়। কাজেই তাপমাত্রা বাড়াইলে অ্যামোনিয়ার বিভাজন বৃদ্ধি পাইবে অর্থাৎ অ্যামোনিয়ার পরিমাণ কমিবে।

চাপ 30 অ্যাটমস্

উষ্ণতা °C	200°	300°	400°	500°
উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার পরিমাণ (%)	67·6	14·7	3·9	1·2

(c) **গাঢ়ত্বের প্রভাব :** সাম্যাবস্থায় বিক্রিয়ার কোনো উপাদানের গাঢ়ত্ব বাড়াইলে বিক্রিয়া যে দিকে গেলে উহার গাঢ়ত্ব কমিবে বিক্রিয়া সেইদিকে যাইবে। সুতরাং N_2 বা H_2-এর গাঢ়ত্ব বৃদ্ধি পাইলে অ্যামোনিয়ার উৎপাদন বৃদ্ধি পায়।

(ii) **সালফার ট্রাইঅক্সাইড প্রস্তুতি (সংস্পর্শ পদ্ধতি) :**

$$2SO_2 \quad + \quad O_2 \quad \rightleftharpoons \quad 2SO_3 \quad + \quad 42{,}000 \text{ ক্যালোরি}$$

2 আয়তন   1 আয়তন :   2 আয়তন :   আয়তন হ্রাস = 1

(d) **চাপের প্রভাব :** SO_3-এর উৎপাদনের ফলে আয়তন হ্রাস পায়। কাজেই উচ্চচাপ প্রয়োগ করিলে সিস্টেম চাপ বৃদ্ধিকে প্রতিহত করিতে সংকুচিত হইতে চেষ্টা করিবে অর্থাৎ যে দিকে অণুসংখ্যা কম বিক্রিয়া সেই দিকেই হইতে থাকিবে। যতই SO_3 উৎপন্ন হইবে অণুসংখ্যাই ততই হ্রাস পাইবে। অতএব চাপবৃদ্ধিতে SO_3 বেশী পরিমাণে উৎপন্ন হইবে।

(e) **তাপমাত্রার প্রভাব :** বিক্রিয়াটি তাপ উদগারী ; কাজেই নিম্ন তাপমাত্রায় বেশী SO_3 পাওয়া যাইবে ; উষ্ণতা বাড়াইলে SO_3-এর বিয়োজন ঘটে এবং উহার পরিমাণ কমিয়া যায়।

(f) **গাঢ়ত্বের প্রভাব:** অতিরিক্ত SO_2 বা O_2 ব্যবহার করিলে অধিক পরিমাণে SO_3 পাওয়া যায়।

(g) নিম্নতাপমাত্রা, (ii) উচ্চ চাপ, (iii) অতিরিক্ত SO_2 বা O_2 ব্যবহার করিলে SO_3-এর উৎপাদন বৃদ্ধি পায়।

(iii) নাইট্রিক অক্সাইডের শিল্পোৎপাদন: (বার্কল্যাণ্ড ও আইড পদ্ধতি।)

$$N_2 + O_2 = 2NO + 43{,}200 \text{ ক্যালোরি}$$

1 আ: 1 আ: 2 আ:

(h) **চাপের প্রভাব:** নাইট্রিক অক্সাইড গঠনের ফলে আয়তনের কোন পরিবর্তন হয় না; কাজেই চাপের পরিবর্তনে NO উৎপাদনের কোন হ্রাসবৃদ্ধি ঘটে না।

(i) বিক্রিয়াটি তাপগ্রাহী, কাজেই সাম্যাবস্থায় তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে সিস্টেম তাপমাত্রা বৃদ্ধি প্রতিরোধ করিবে। সুতরাং বিক্রিয়া যে দিকে গেলে তাপমাত্রা বাড়িতে পারিবে না অর্থাৎ তাপমাত্রা শোষিত হইবে বিক্রিয়া সেই দিকেই সংঘটিত হইতে থাকিবে। এই বিক্রিয়ায় তাপ শোষণ করিয়া NO উৎপন্ন হয়; কাজেই তাপমাত্রা বৃদ্ধি করিলে অধিক পরিমাণে NO প্রস্তুত হইবে।

উষ্ণতা 0°C	2035°	2195°	3000°	3200°
সাম্যাবস্থায় NO-এর%	0·64	0·997	4·5	5·0

(j) **গাঢ়ত্বের প্রভাব:** অতিরিক্ত NO বা O_2 ব্যবহার করিলে NO উৎপাদন বৃদ্ধি পায়।

গাণিতিক উদাহরণ

1. $A+B \rightleftharpoons 2C$: সাম্য গাঢ়ত্ব $[A]=[B]=3$ মোল/লিটার; $[C]=4$ মোল/লিটার। বিক্রিয়ার সাম্য ধ্রুবক এবং A ও B-র প্রাথমিক গাঢ়ত্ব নির্ণয় কর:

$$K=\frac{[C]^2}{[A][B]}=\frac{4^2}{3\times 3}=\frac{16}{9}=17·8$$

সাম্যাবস্থায় 4 মোল C গঠন করিতে 2 মোল A ও 2 মোল B প্রয়োজন; কাজেই A ও B-র প্রাথমিক গাঢ়ত্ব প্রত্যেকটির লিটার প্রতি 5 মোল।

* SO_3 উৎপাদনকালে কার্যক্ষেত্রে উচ্চচাপ ব্যবহার করা হয় না।

2. $A+B \rightleftharpoons C+D$; এই বিক্রিয়ায় $K=2$। প্রথম অবস্থায় A ও B-র গাঢ়ত্ব যথাক্রমে 5 মোল ও এক মোল হইলে বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর।

ধরা যাক্ A ও B-র x মোল বিক্রিয়া করার পরে সাম্যাবস্থা প্রতিষ্ঠিত হইয়াছে। তাহা হইলে, $A + B \rightleftharpoons C + D$

সাম্য গাঢ়ত্ব $5-x \quad 1-x \quad x \quad x$

$$K=\frac{[C][D]}{[A][B]}; \quad 2=\frac{x^2}{(5-x)(1-x)} \text{ বা, } x=11{\cdot}1 \text{ বা } 0{\cdot}9$$

x-এর 11·1 মান গ্রহণযোগ্য নহে ; অতএব উপাদান সমূহের সাম্য গাঢ়ত্ব প্রতি লিটারে $[A]=4{\cdot}1$ মোল, $[B]=0{\cdot}1$ মোল এবং $[C]=[D]=0{\cdot}9$ মোল।

3. 490°C উষ্ণতার এক লিটার সীল করা পাত্রে 1 মোল H_2, 2 মোল I_2, এবং 3 মোল HI রাখিলে সাম্যাবস্থায় প্রত্যেকটি উপাদানের গাঢ়ত্ব নির্ণয় কর।

[$K=45{\cdot}9$]

প্রথমে	সাম্যাবস্থায়
$[H_2]$ 1·0 মোল/লিটার	$[H_2]=1{\cdot}0-x$ মোল/লিটার
$[I_2]=2{\cdot}0$ মোল/লিটার	$[I_2]=2{\cdot}0-x$/লিটার
$[HI]=3{\cdot}0$ মোল/লিটার	$[HI]=3{\cdot}0+2x$/লিটার

(x মোল H_2 বিক্রিয়ার পর সাম্যাবস্থার সৃষ্টি হয়)

$$\frac{(HI)^2}{[H_2][I_2]}=K=\frac{(3{\cdot}0+2x)^2}{[1{\cdot}0-x][2{\cdot}0-x]}=45{\cdot}9$$

$x=0{\cdot}684$ (x-এর অন্য মানটি গ্রহণ যোগ্য নয়)

অতএব সাম্যাবস্থায়,

$[H_2]=1{\cdot}0-x=0{\cdot}316$ মোল/লিটার।

$[I_2]=2{\cdot}0-x=1{\cdot}316$ মোল/লিটার।

$[HI]=3{\cdot}0-2x=4{\cdot}386$ মোল/লিটার।

4. এক মোল ফসফরাস পেণ্টাক্লোরাইডকে একটি সীল করা এক লিটার কাচের বাল্বে উত্তপ্ত করিলে উহা 40% বিয়োজিত হইয়া যায়। K-র সাম্যধ্রুবক গণনা কর।

$$\begin{array}{ccccc} PCl_5 & \rightleftharpoons & PCl_3 & + & Cl_2 \\ 1-0{\cdot}4 & & 0{\cdot}4 & & 0{\cdot}4 \end{array}$$

সাম্যাবস্থায় [মোলে]

$[PCl_5]=0{\cdot}6$ মোল ; $[PCl_3]=0{\cdot}4$ মোল ও $[Cl_2]=0{\cdot}4$ মোল

$$K=\frac{[PCl_3]\times[Cl_2]}{[PCl_5]}=\frac{0{\cdot}4\times0{\cdot}4}{0{\cdot}6}=0{\cdot}267$$

5. $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$; $K_P=1{\cdot}8$; উষ্ণতা 300°C। কোন চাপে 300°C উষ্ণতায় PCl_5-র 50% বিয়োজিত হইবে ?

ধরা যাক্ নির্দিষ্ট চাপ P ; PCl_5-এর এক মোল লইলে,

সাম্যাবস্থায়, $PCl_5 \rightleftharpoons PCl_3 + Cl_2$; উপাদান সমূহের মোট
গাঢ়ত্ব (মোলে) 0·5 0·5 0·5 ; পরিমাণ 0·5+0·5+0·5=
1·5 মোল

$${}_pCl_5={}_pCl_3=Cl_2=\frac{0{\cdot}5}{1{\cdot}5}P$$

[গ্যাসীয় মিশ্রণে কোন উপাদানের অংশ প্রেষ=
= উহার মোল ভগ্নাংশ × মোট চাপ]

$$\therefore\quad K_p=\frac{{}_pPCl_3\times{}_pCl_2}{{}_pPCl_5}=\frac{\left[\frac{0{\cdot}5}{1{\cdot}5}P\right]^2}{\frac{0{\cdot}5}{1{\cdot}5}P}=\tfrac{1}{3}P$$

বা, $\frac{1}{3}P=1{\cdot}8$

$\therefore\quad P=1{\cdot}8\times3=5{\cdot}4$ অ্যাটমস্ফিয়ার।

অনুশীলনী

1. ভরক্রিয়া সূত্রটি বিবৃত কর। উদাহরণ সহযোগে উহা বুঝাইয়া দাও।

2. আবদ্ধ পাত্রে বিক্রিয়া ঘটাইলে লালতপ্ত আয়রণ ও স্টীমের বিক্রিয়া সম্পূর্ণ হয় না কেন ? কি অবস্থায় বিক্রিয়াটি সম্পূর্ণ হয় ?

উভমুখী বিক্রিয়া কাহাকে বলে ? উদাহরণ সহ এই প্রকার বিক্রিয়ার বৈশিষ্ট্য আলোচনা কর। (a) উষ্ণতা ও (b) চাপের পরিবর্তনে এই বিক্রিয়া কিভাবে প্রভাবিত হয় ?

3. (a) রাসায়নিক সাম্য, (b) সাম্যধ্রুবক, (c) সক্রিয় ভর কাহাকে বলে। উদাহরণ সহ সাম্যধ্রুবকের তাৎপর্য ব্যাখ্যা কর।

(i) অনুঘটক, (ii) উষ্ণতা, (iii) চাপ কিভাবে একটি বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক প্রভাবিত করে ?

4. 'লা-শাটেলীয়রের নীতি' বিবৃত কর। দৃষ্টান্ত সাহায্যে এই নীতির প্রয়োগ উল্লেখ কর (i) চাপ বৃদ্ধি, (ii) উষ্ণতা হ্রাসের প্রভাব (a) বরফের গলন, (b) জলে সোডিয়াম ক্লোরাইডের দ্রবণ, (c) জলে অ্যামোনিয়ার দ্রবণ, (d) নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন হইতে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুতি (e) সালফার ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেন হইতে সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুতি প্রভৃতির উপর আলোচনা কর।

5. উষ্ণতা বৃদ্ধিতে সোডিয়াম নাইট্রেট ও অ্যালুমিনিয়াম সালফেটর জলে দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়; অপর পক্ষে ক্যালসিয়াম হাইড্রক্সাইড ও ইথারের দ্রাব্যতা হ্রাস পায়। লা-শাটেলীয়রের নীতির আলোকে এই ঘটনা হইতে কি সিদ্ধান্ত গ্রহণ করা যায়?

6. নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলির সাম্যধ্রুবকের (K_c ও K_p) সংকেত লিখ:

(a) $CO+Cl_2 \rightleftharpoons COCl_2$; (b) $H_2+CO_2 \rightleftharpoons CO+H_2O$;

(c) $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$; (d) $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO$;

এইসব বিক্রিয়ার উপর চাপ ও তাপমাত্রার প্রভাব কিরূপ হইবে?

7. $A \rightleftharpoons B$; $K=1{\cdot}3\times10^{-3}$; প্রতি লিটার 1·0 মোল A লইয়া বিক্রিয়া শুরু করিলে B-এর সাম্যগাঢ়ত্ব কত? [$1{\cdot}3\times10^{-3}$ মোল/লিটার]

8. 60 গ্রাম অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও 40 গ্রাম ইথাইল অ্যালকোহল একত্রে উত্তপ্ত করিয়া সাম্যাবস্থায় 58·7 গ্রাম ইথাইল অ্যাসিটেট ও 12 গ্রাম জল পাওয়া গেল। এই বিক্রিয়ার সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর। একই অবস্থায় 90 গ্রাঃ অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও 92 গ্রাম ইথাইল অ্যালকোহল হইতে কত এষ্টার পাওয়া যাইবে? [4 ; 99·44 গ্রাঃ]

9. এক মোল অ্যাসেটিক অ্যাসিড ও এক মোল ইথাইল অ্যালকোহলের বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থায় মিশ্রণে 0·333 মোল অ্যালকোহল ও অ্যাসিড এবং 0·666 মোল এষ্টার ও জল পাওয়া গেল। (a) 3 মোল অ্যালকোহল যখন এক মোল অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে, (b) 92 গ্রাম অ্যালকোহল যখন 60 গ্রাম অ্যাসিডের সহিত (c) এক মোল অ্যালকোহল যখন এক মোল জলের উপস্থিতিতে এক মোল অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে, তখন সাম্যাবস্থায় কত এষ্টার পাওয়া যাইবে?

[(a) 0·9 মোল, (b) 0·845 মোল, (c) 0·54 মোল]

10. $A+B \rightleftharpoons AB$ এই বিক্রিয়ায় $K=4{\cdot}0\times10^{-3}$, 2 লিটার পাত্রে 0·50 মোল A-র সহিত 0·60 মোল B-র বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থায় কত মোল AB পাওয়া যাইবে? [$3{\cdot}0\times10^{-3}$ M]

11. 457°C তাপমাত্রায় $1{\cdot}24\times10^{-3}$ গ্রাম অণু H_2 ও $2{\cdot}48\times10^{-3}$ গ্রাম অণু I_2-র বিক্রিয়ায় সাম্যবস্থায় কত গ্রাম অণু HI পাওয়া যাইবে? [K=48·7] [$2{\cdot}1\times10^{-3}$ গ্রামঅণু]

12. $Y+2W \rightleftharpoons 2Z$, এই বিক্রিয়ার K=0·64। লিটার প্রতি 0·10 মোল Y এবং 0·50 মোল W এর বিক্রিয়ায় সাম্যাবস্থায় কত মোল Z উৎপন্ন হইবে? [0·40 মোল]

13. 400°C উষ্ণতা ও 100 অ্যাটমস্ফিয়ার চাপে 1 : 3 আয়তনের অনুপাতে মিশ্রিত N_2 ও H_2-এর বিক্রিয়ায় 24·91% গ্রাম অণু অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া থাকে। এই বিক্রিয়ার K_p নির্ণয় কর। [0·136]

14. $V+2W+3xX \rightleftharpoons 4Y$; এই বিক্রিয়ায় 600°C উষ্ণতায় 7 লিটার পাত্রে সাম্যাবস্থায় 0·10 মোল V, 2·0 মোল W, 3·0 মোল X এবং 4·0 মোল Y উৎপন্ন হইয়া থাকে। K নির্ণয় কর। 1·0 মোল W, 1·0 মোল X ও 1·0 মোল Y-এর সহিত সাম্যাবস্থায় কত মোল V পাওয়া যাইবে? [$1{\cdot}2\times10_2$; 0·41 মোল]

15. $A+3B+2C \rightleftharpoons 4D$. সাম্যাবস্থায় 5 লিটার পাত্রে 2·0 মোল A, 2·0 মোল B, 1·0 মোল C এবং 3·5 মোল D বর্তমান। সাম্যধ্রুবক নির্ণয় কর। [$2{\cdot}3\times10^{3}$

Group B

অজৈব রসায়ন

(Inorganse Chemistry)

প্রথম পরিচ্ছেদ

প্রথম অধ্যায়

অক্সিজেন (Oxygen)

আণবিক সংকেত $=O_2$; পরমাণু ভর সংখ্যা $=16$; পরমাণু সংখ্যা $=8$; যোজ্যতা $=2$; ইলেকট্রন বিন্যাস $=1s^2 2s^2 2p^4$ ।

আবিষ্কার ঃ

1774 খ্রীষ্টাব্দে ইংরাজ বৈজ্ঞানিক **প্রিস্টলে,** ফরাসী বৈজ্ঞানিক **ল্যাভোয়াসিয়ে** ও সুইডেনবাসী বৈজ্ঞানিক **শীলে,** অক্সিজেন আবিষ্কারক হিসাবে তিনজনই সমাদৃত। প্রিস্টলে আতশ কাঁচ সাহায্যে সূর্যরশ্মি কেন্দ্রীভূত করিয়া উহার উত্তাপে রেড-অক্সাইড অব্ মার্কারিকে (Red oxide of mercury) বিশ্লিষ্ট করিয়া প্রথম অক্সিজেন প্রস্তুত করেন। প্রিস্টলে তাঁহার নবাবিষ্কৃত গ্যাসের নাম দেন **'ফ্লোজিস্টনবিহীন বায়ু'** (dephlogisticated air)। শীলে অক্সিজেন আবিষ্কারের পরে নামকরণ করেন—**'আগ্নেয়-বায়ু'** (fire-air) বা **'প্রাণ-বায়ু'** (vital air)। প্রিস্টলে ও শীলের নামকরণ পরে পরিবর্তিত হয়। অক্সিজেন নামটি প্রথম ল্যাভোয়াসিয়েই প্রস্তাব করেন ; অক্সিজেন কথাটির অর্থ অম্ল-উৎপাদক (Oxys—sour ; genas—to produce)

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ মৌলদের মধ্যে অক্সিজেনের পরিমাণই সবচেয়ে বেশী ; মুক্ত ও যৌগ—উভয় অবস্থায়ই অক্সিজেন প্রচুর রহিয়াছে। বায়ুমণ্ডলের আয়তন হিসাবে শতকরা প্রায় 20 ভাগ (ওজন অনুপাতে, 23%) অক্সিজেন। জল, বায়ু, মাটি, বিবিধ খনিজ ও উদ্ভিদ জগতের যাবতীয় বস্তু সমূহের প্রায় অর্ধেকই অক্সিজেন।

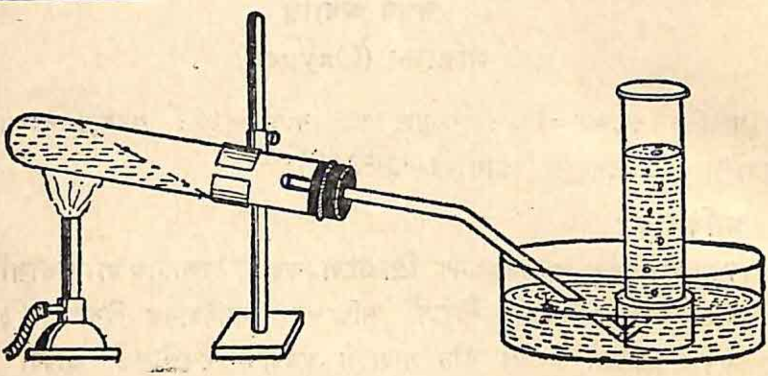
অক্সিজেনের প্রস্তুতি ঃ

সাধারণতঃ, নিম্নলিখিত প্রণালীগুলির সাহায্যে অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয় :

1. অক্সিজেন বহুল যৌগিকসমূহের বিযোজন ;

2. Hg, Ag প্রভৃতি মৌলের অক্সাইডসমূহের বিযোজন ;
3. জলের তড়িৎ-বিশ্লেষণ এবং
4. বায়ুর অক্সিজেন উপাদানকে পৃথকীকরণ।

1. **অক্সিজেন-বহুল পদার্থ হইতে অক্সিজেনের প্রস্তুতি : পরীক্ষাগার পদ্ধতি :** 1 ভাগ ম্যাঙ্গানিজ-ডায়ক্সাইড (manganese dioxide) ও 4 ভাগ পটাশিয়াম ক্লোরেটের (potassium chlorate) চূর্ণ মিশ্রিত করিয়া একটি শক্ত কাচের



চিত্র ১.—পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতি

টেস্ট-টিউবে লইয়া সতর্কতার সহিত উত্তপ্ত করিলে $KClO_3$ বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন উদ্ভূত হইতে থাকে ও জলের অপসারণ দ্বারা তাহা সংগ্রহ করা হয় (চিত্র, ১)।

$$2KClO_3 + [MnO_2] = 2KCl + 3O_2 + [MnO_2]$$

এইভাবে অক্সিজেন প্রস্তুতিকালে নিম্নোল্লিখিত সতর্কতা গ্রহণ আবশ্যক :—

(1) ব্যবহৃত MnO_2 বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন ; MnO_2-এ কার্বনের কণা প্রভৃতি কলুষ পদার্থ থাকিলে অক্সিজেন প্রস্তুতের কালে বিস্ফোরণ ঘটার সম্ভাবনা থাকে।

(2) প্রস্তুতিকালে মিশ্রচূর্ণের সংস্পর্শে প্রবিষ্ট নির্গম নলটির মুখ বন্ধ হইয়া গেলে বিস্ফোরণ ঘটে।

(3) সেইজন্য টেস্ট-টিউবটি ঈষৎ হেলানো অবস্থায় রাখা হয় ; যাহাতে নির্গম-নলপথে গ্যাস যথাযথ বাহির হইয়া বিস্ফোরণ ঘটিবার আশঙ্কা অপনীত হয়।

(4) প্রস্তুতিকালে অকস্মাৎ অধিক উত্তাপ প্রয়োগ করা উচিত নয়।

(5) পরীক্ষানলটি ধীরে ধীরে সর্বত্র সমান ভাবে উত্তপ্ত করিতে হইবে।

ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইডের ক্রিয়া ঃ

কেবলমাত্র পটাশিয়াম ক্লোরেটকে উত্তপ্ত করিলেও অক্সিজেন উদ্ভূত হয় ও বিক্রিয়াটি ঘটিতে প্রচুর তাপ ও সময়ের দরকার হয়। পটাশিয়ম ক্লোরেট 357°C-এ গলিয়া যায় এবং 380°C-এ অক্সিজেন উদ্ভূত হইতে থাকে। বিক্রিয়া চলিতে থাকিলে অক্সিজেন নিষ্ক্রমণ শ্লথ হইয়া যায়। $KClO_3$ পারক্লোরেটে ($KClO_4$ m.Pt.,610°C) পরিণত হইয়া লেই-এর রূপ গ্রহণ করে। উষ্ণতা বৃদ্ধিতে পারক্লোরেট গলিয়া যায় ও অক্সিজেন উদ্ভূত হইতে থাকে। বিক্রিয়া শেষে পটশিয়ম ক্লোরাইড (KCl m.Pt, 800°) পাওয়া যায়।

$2KClO_3 = 2KCl + 3O_2$ (380°C) ; $4KClO_3 = 3KClO_4 + KCl$ (610°C)
$KClO_4 = KCl + 2O_2$ (630°C)

অতএব পটাশিয়ম পারক্লোরেটের গলনাঙ্ক অধিক বলিয়া উহাকে বিশ্লিষ্ট করিয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করিতে অধিক তাপের প্রয়োজন হয় ; $KClO_3$-এর সহিত MnO_2 চূর্ণ মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে অপেক্ষাকৃত কম উষ্ণতায় (200 – 340°C) অক্সিজেন উৎপাদন করা যায়।

বিক্রিয়ার শেষে মিশ্রিত ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইডের পরিমাণ ও উহার ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে। অতএব, সিদ্ধান্ত করা যায় যে MnO_2 এই $KClO_3$-এর বিযোজনকে ত্বরান্বিত করে। MnO_2 এক্ষেত্রে একটি অনুঘটক (Catalyst)।

পরীক্ষা ঃ

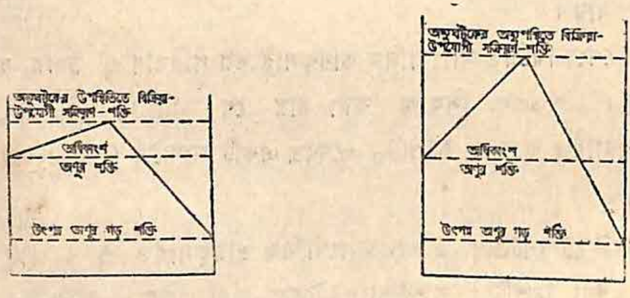
(1) একটি টেস্ট-টিউবে, 1 ভাগ ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইড ও 4 ভাগ $KClO_3$ ওজন করিয়া লইয়া মিশ্রটিকে সতর্কভাবে উত্তপ্ত করা হইল ; অক্সিজেন উৎপাদন সম্পূর্ণ হইবার পর টেস্ট-টিউবকে শীতল করা হইল ও উহার মধ্যের অবশিষ্ট কঠিন পদার্থে (KCl, ও MnO_2) শীতল জল দেওয়া হইল। উৎপন্ন KCl জলে দ্রবণীয়, কিন্তু MnO_2 অদ্রবণীয়। এখন মিশ্রণটিকে একটি ফিল্টার-কাগজের দ্বারা ছাঁকিয়া লইলে MnO_2 ফিল্টার কাগজের উপর থাকিবে। ফিল্টার-কাগজটিকে শুষ্ক করিয়া ওজন করিলে দেখা যায়, **ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইডের ওজন অপরিবর্তিত আছে।**

(2) উপরোক্ত শুষ্ক MnO_2-এর সহিত পুনরায় চারিগুণ ওজনের $KClO_3$ মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে পুনরায় O_2 উদ্ভূত হইয়া থাকে ও বিক্রিয়াশেষে MnO_2 অপরিবর্তিতই থাকিয়া যায় ; তবে বিক্রিয়া কালে MnO_2-এর ভৌত অবস্থার সামান্য

পরিবর্তন ঘটে; MnO_2-এর চূর্ণ আরও সূক্ষ্মতর হয়। বারবার পরীক্ষা করিলেও MnO_2-এর **ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে** এবং একই MnO_2 সাহায্য বারবার ব্যবহার করা যায়।

(3) কিছু $KClO_3$ জলে দ্রবণ করিয়া উহাতে $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলে অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয় না। এখন $KClO_3$-এর সহিত MnO_2 মিশ্রিত করিয়া অক্সিজেন উৎপাদন করার পর টেস্ট-টিউবে অবশিষ্ট কঠিন পদার্থগুলি জলে দ্রবীভূত করিয়া পরিস্রুত করা হইল; অদ্রাব্য MnO_2 পৃথক হইয়া যায় ও পরিস্রুত KCl-এর দ্রবণ পাওয়া যায়। উহাতে এখন $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলে অদ্রাব্য সাদা, $AgCl$-এর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়।

যে কোন অবস্থার অণুমাত্রেরই একটি কমবেশী গড়শক্তি রহিয়াছে। ভিন্ন ভিন্ন অণুর শক্তির মাত্রা বিভিন্ন। প্রতিটি রাসায়নিক বিক্রিয়ার জন্য বিক্রিয়ক অণুগুলিকে একটি নির্দিষ্ট উপযুক্ত শক্তি স্তরে উন্নীত হইতে হইবে; অন্যথায় উহাদের বিক্রিয়া সম্ভব



চিত্র ২,—তাপদায়ী বিক্রিয়ায় অনুঘটকের ভূমিকার রেখা-চিত্র

নয়। এই শক্তি স্তরের মান বিভিন্ন বিক্রিয়াতে বিভিন্ন। প্রত্যেক অণু উহার গড় শক্তির অধিক যতটা শক্তি পাইলে বিক্রিয়া সাধনক্ষম হয়; তাহাকে বলে **সক্রিয়ন শক্তি** (activation energy)। অনুঘটক বিক্রিয়ার সক্রিয়ন-শক্তি কমাইয়া দিয়া বিক্রিয়ার সহজ পথ উন্মুক্ত করিয়া দেয়। অনুঘটক MnO_2, $KClO_3$-এর বিযোজন বিক্রিয়ার সক্রিয়ন শক্তি কমাইয়া দেয়; ফলে $KClO$-র বিযোজন অল্প তাপমাত্রায় ঘটিয়া থাকে। MnO_2 বিক্রিয়াকালে আন্তঃযৌগিক গঠন করিয়া অংশগ্রহণ করে। বিক্রিয়া অন্তে MnO_2-এর গঠন ও ধর্ম অপরিবর্তিত থাকে বটে, কিন্তু MnO_2 সূক্ষ্মতর চূর্ণে পরিণত হয়। MnO_2, $KClO_3$ হইতে O_2 লাভ করিয়া উচ্চতর অস্থায়ী

MnO_3, Mn_2O_7 প্রভৃতি অক্সাইডে রূপান্তরিত হয় ; MnO_3, Mn_2O_7 প্রভৃতি পরে বিযোজিত হইয়া O_2 উৎপাদন করে এবং বিক্রিয়ান্তে পুনঃ উদ্ধার হয়।

$$KClO_3 + 2MnO_2 \rightarrow KCl + Mn_2O_7 \rightarrow 2MnO_2 + 1\tfrac{1}{2}O_2$$

দ্রষ্টব্য : MnO_2 ছাড়াও $KClO_3$-এর সহিত Cu, Fe, Cr প্রভৃতির অক্সাইড (অর্থাৎ যে সমস্ত অক্সাইড উচ্চতর অস্থায়ী অম্লধর্মী অক্সাইড গঠনে সক্ষম— $Cr_2O_3(CrO_3)$, $CuO(CuO_2)$, $Fe_2O_3(FeO_3)$ ইত্যাদি প্রভাবকরূপে ব্যবহার করা চলে।

অন্যান্য অক্সিজেন-বহুল যৌগিকসমূহের বিযোজন দ্বারা অক্সিজেন প্রস্তুতি :

(ক) **তীব্র উত্তাপে** $KClO_3$ ছাড়াও অন্যান্য অক্সিজেন-বহুল পদার্থের বিযোজন ঘটে ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয় ; যথা—

$2KNO_3$ = $2KNO_2$ $+O_2$
পটাশিয়ম নাইট্রেট — পটাশিয়ম নাইট্রাইট

$3MnO_2$ = Mn_3O_4 $+O_2$
ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইড — ট্রাইম্যাংগানিজ টেট্রক্সাইড

$2Pb(NO_3)_2$ = $2PbO$ $+ 2N_2O_4$ $+O_2$
লেড নাইট্রেট — লেড মনোক্সাইড

$2Ca(OCl)Cl$ = $CaCl_2 + O_2$ (C_0O_2 অনুঘটকের সান্নিধ্যে)
ব্লিচিং পাউডার

$2KMnO_4$ = K_2MnO_4 $+MnO_2$ $+ O_2$
পটাশিয়ম পারম্যাংগানেট — পটাশিয়ম ম্যাংগানেট

$4HNO_3$ = $4NO_2$ $+2H_2O$ $+ O_2$

$2H_2SO_4$ = $2SO_2$ $+2H_2O$ $+ O_2$

লেড নাইট্রেট হইতে অক্সিজের প্রস্তুতি :

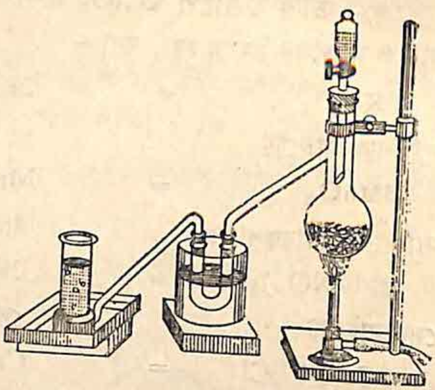
একটি শক্ত টেস্ট টিউবে কিছু লেড নাইট্রেট লইয়া উহার মুখ একটি নির্গমনলযুক্ত ছিপি দিয়া খুব দৃঢ়ভাবে আটকাইয়া দেওয়া হইল। নির্গমনলের অপর প্রান্ত হিমমিশ্রে (freezing mixture) নিমজ্জিত একটি ইউ-টিউবের একমুখের সহিত যুক্ত। উহার অপর মুখে একটি নির্গমনল লাগানো। নির্গমনলটি একটি জলপূর্ণ গ্যাসদ্রোণীর মধ্যে

উপুড়-করা জলপূর্ণ গ্যাসজারের নীচে রাখা হইল। এখন টেস্ট-টিউবকে উত্তপ্ত করিলে লেড নাইট্রেট লেড মনোক্সাইড (PbO), লেড ডাই-অক্সাইড, গ্যাসীয় নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়। নিষ্ক্রান্ত গ্যাস নির্গমনল পথে শীতল ইউ-টিউবে প্রবেশ করে এবং তথায় NO_2 শৈত্যে তরলে পরিণত হয় কিন্তু O_2 তরল হয় না এবং ইহা ইউ-টিউবের অপর মুখ দিয়া বাহির হইয়া আসিয়া গ্যাসজারে সঞ্চিত হইতে থাকে।

H_2SO_4 ও HNO_3 হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতিঃ

গাঢ় H_2SO_4 ও গাঢ় HNO_3-কে রক্ততপ্ত পিউমিস-পাথরের (Pumic stone) উপর-বিন্দু বিন্দু করিয়া ফেলিলে উহারা বিযোজিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

একটি সিলিকা নির্মিত তাপ সহ ফ্লাস্কে কিছু পিউমিস পাথর খণ্ড রাখা হইল ও উহার মুখে ছিপিসহ একটি বিন্দুপাতন ফানেল প্রবেশ করান হইল। পাতন-ফ্লাস্কের পার্শ্বনলটি একটি হিম-মিশ্রে রক্ষিত ইউ-টিউবের সহিত যুক্ত করিয়া ইউ-টিউবের অপর মুখে একটি নির্গম নল যুক্ত করা হইল ও নির্গম-নলের প্রান্তটি একটি জলপূর্ণ গ্যাসদ্রোণীর মধ্যে উপুড় করা একটি জলপূর্ণ গ্যাসজারের নীচে রাখা হইল।



চিত্র ৩,—H_2SO_4 বা HNO_3 হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

এখন, বিন্দুপাতন ফানেলটিতে গাঢ় H_2SO_4 বা HNO_3 লইয়া ফ্লাস্কটিকে উত্তপ্ত করা হইল ও বিন্দু বিন্দু অ্যাসিড ঐ রক্ততপ্ত পিউমিস পাথরের উপর ফেলা হইল। অ্যাসিড বিন্দু রক্ততপ্ত পিউমিস পাথরের সংস্পর্শে আসার সঙ্গে সঙ্গেই বিযোজিত হইয়া থাকে—

$$4HNO_3 = 4NO_2 + 2H_2O + O_2$$
$$2H_2SO_4 = 2SO_2 + 2H_2O + O_2$$

বিযোজনের ফলে উৎপন্ন গ্যাসগুলি হিমমিশ্রে নিমজ্জিত ইউ টিউবের মধ্য দিয়া চালনা করিলে SO_2 বা NO_2 শীতল ইউ টিউবে তরলীভূত হয় ও অক্সিজেন নির্গম নলপথে নিক্রান্ত হইয়া গ্যাসজারে সংগৃহীত হইতে থাকে (চিত্র, ৩)।

সাধারণ উষ্ণতায় কতকগুলি অক্সিজেন বহুল পদার্থও (যথা Na_2O_2, H_2O_2 প্রভৃতি) বিশেষ বিক্রিয়ার ফলে অক্সিজেন উৎপন্ন করিয়া থাকে।

(ক) Na_2O_2 হইতে সাধারণ উষ্ণতায় অক্সিজেন প্রস্তুতি ঃ

পরীক্ষা ঃ

একটি কোণাকৃতি ফ্লাস্কের মধ্যে কিছু অনার্দ্র Na_2O_2 রাখিয়া ফ্লাস্কের মুখ বিন্দুপাতন ফানেলযুক্ত একটি রবার ছিপি দ্বারা দৃঢ়ভাবে আটকানো হইল ও রবার ছিপির মধ্য দিয়া একটি নির্গম নল যুক্ত করা হইল (চিত্র, ৪)। বিন্দুপাতন ফানেলের মধ্যে কিছু জল লইয়া ঐ জল ফ্লাস্কের মধ্যে বিন্দু বিন্দু করিয়া যোগ করা হইতে লাগিল ; Na_2O_2 ও জলের মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া নির্গম নলপথে দ্রুত অক্সিজেন বহির্গত হইতে থাকে।



চিত্র ৪,—Na_2O_2 হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি

$$2Na_2O_2+4H_2O=4NaOH+5H_2O+O_2$$

(খ) H_2O_2 ও $KMnO_4$ হইতে সাধারণ উষ্ণতায় অক্সিজেন প্রস্তুতি ঃ

পূর্ব পরীক্ষায় ন্যায় Na_2O_2-এর পরিবর্তে ফ্লাস্কের মধ্যে কিছু H_2O_2 লওয়া হইল ও বিন্দুপাতন ফানেল হইতে H_2SO_4-যুক্ত $KMnO_4$-এর দ্রবণ বিন্দু বিন্দু যোগ করা হইতে থাকিল। সাধারণ উষ্ণতায় $KMnO_4$ ও H_2O_2-এর বিক্রিয়া ঘটিয়া দ্রুত অক্সিজেন উদ্ভূত হইয়া নির্গম-নলপথে বাহির হইয়া আসে—

$$2KMnO_4+3H_2SO_4+5H_2O_2=K_2SO_4+2MnSO_4+8H_2O+5O_2$$

(বিক্রিয়ার ফলে গোলাপী $KMnO_4$-এর দ্রবণ বর্ণহীন হইয়া যায় ; $KMnO_4$, H_2O_2 দ্বারা বিজারিত হইয়া থাকে)।

কতিপয় অক্সাইডের বিযোজন দ্বারা অক্সিজেনের প্রস্তুতি ঃ

কতকগুলি বিশেষ মৌলের অক্সাইডকে উত্তপ্ত করিলে উহা মৌল অক্সিজেনে বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে। কোনো কোনো ক্ষেত্রে এই বিক্রিয়াগুলিকেও অক্সিজেন প্রস্তুতির কার্যে ব্যবহার করা যায়। যথা—$2HgO=2Hg+O_2$; $2Ag_2O=4Ag+O_2$

সাধারণতঃ Hg, Ag, Au প্রভৃতি বর ধাতুর (noble metal) অক্সাইডগুলি এইরূপ বিশ্লিষ্ট হয়।

জল হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতি :

(ক) জলের তড়িদ্ বিশ্লেষ দ্বারা :

একটি ভোল্টামিটার যন্ত্রে জলকে সামান্য HCl বা H_2SO_4 দ্বারা অম্লীকৃত করিয়া উহাকে তড়িৎ বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে অক্সিজেন, ও ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উদ্ভূত হইয়া থাকে। যে সকল দেশে বিদ্যুৎশক্তি সুলভ সে সকল দেশে এই প্রণালীতে প্রচুর অক্সিজেন প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

(খ) ক্লোরিনের সহিত বিক্রিয়ায় জল হইতে অক্সিজেন উৎপাদন :

পিউমিস পাথরপূর্ণ একটি রক্ততপ্ত পোর্সিলেন-নলের মধ্য দিয়া ক্লোরিন ও ষ্টিম একত্রে চালনা করিলে, জল জারিত হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করিয়া থাকে।

$$2H_2O+2Cl_2=4HCl+O_2$$

উৎপন্ন অক্সিজেনকে যথারীতি জলের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

বিশুদ্ধ অক্সিজেন প্রস্তুতি ঃ

1. ক্রোমেট লবণ বা পারম্যাংগানেট লবণকে লঘু H_2SO_4-সহ দ্রবণ করিয়া ঐ দ্রবণকে স্ফুটন করিয়া প্রথমতঃ দ্রবীভূত গ্যাসসমূহ বাহির করিয়া দেওয়া হয় ; পরে, ঐ দ্রবণকে শীতল করিয়া তড়িদ্-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোডে বিশুদ্ধ অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন অক্সিজেনকে একটি P_2O_5 পূর্ণ নলের মধ্য দিয়া চালিত করিলে উহা আর্দ্রতা মুক্ত হয় ও পরে উহাকে পারদের অপসারণ দ্বারা যথারীতি সংগ্রহ করা হয়।

2. মর্লি (Morley) বিশুদ্ধ $KClO_3$ উত্তপ্ত করিয়া উদ্ভূত অক্সিজেনকে প্রথমতঃ KOH-পূর্ণ নল, পরে H_2SO_4-পূর্ণ ইউ-টিউবে ও সর্বশেষে কাচ-সূত্র (glass wool) সহ একটি P_2O_5-পূর্ণ নলের মধ্য দিয়া চালনা করিয়া শোধন করেন ও বিশুদ্ধ অক্সিজেনকে পারদের উপর সংগ্রহ করেন।

অক্সিজেনের শিল্প প্রস্তুতি ঃ বায়ু হইতে অক্সিজেন উৎপাদন ঃ

বায়ুই সাধারণতঃ অক্সিজেনের শিল্পপ্রস্তুতির প্রধানতম উৎস। বায়ু হইতে অক্সিজেন দুইটি প্রণালীতে প্রস্তুত হইয়া থাকে। যথা—

(i) ব্রিন-প্রণালী (বা রাসায়নিক প্রণালী) ও

(ii) বায়ুর তরলীকরণ ও পৃথকীকরণ প্রণালী (বা ভৌত প্রণালী)।

ব্রিন প্রণালী ঃ

বেরিয়াম মনোক্সাইডকে বায়ু-সহযোগে মৃদু উত্তপ্ত করিলে ইহা বায়ুস্থিত অক্সিজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া বেরিয়াম পার-অক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। এই বেরিয়াম পার-ক্সাইডকে পরে তীব্র উত্তপ্ত করিলে উহা পুনরায় বেরিয়াম মনোক্সাইড ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়। যথা—

$$2BaO + O_2 = 2BaO_2 \text{ (মৃদু-উত্তাপে ; } 500^\circ \text{ C.)}$$

$$2BaO_2 = 2BaO + O_2 \text{ (তীব্র-উত্তাপে ; } 800^\circ \text{ C.)}$$

অতএব একই BaO-কে বারংবার ব্যবহার করা যায় ও ইহা পরোক্ষভাবে বায়ু হইতে অক্সিজেন প্রস্তুতির একটি প্রণালীরূপে প্রয়োগ করা যায়।

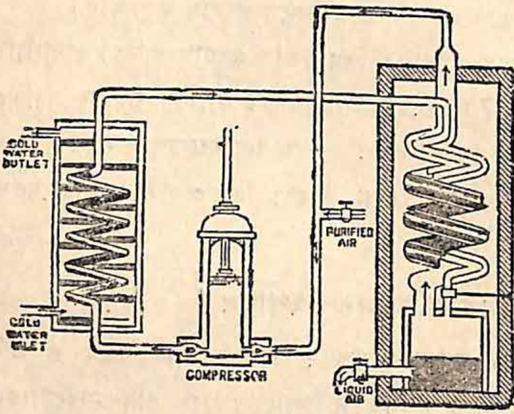
কার্যতঃ দেখা যায়, দুইবার বিভিন্ন উত্তাপ প্রয়োগ করিয়া প্রণালীটি অনুসরণ করা অপেক্ষা উষ্ণতাকে 700°C,-এ অপরিবর্তিত রাখিয়া দুইবার বিভিন্ন চাপ প্রয়োগ করিলে একইরূপ ফল পাওয়া যায় ; উপরন্তু ব্যয় সংক্ষেপ ও সময় সংক্ষেপ হইয়া থাকে। উপরোক্ত মূল সূত্রকে ভিত্তি করিয়া ব্রিন প্রণালীর সাহায্যে অক্সিজেন প্রস্তুত করা হয়।

তরল বায়ু হইতে অক্সিজেন উৎপাদন ঃ

বাতাস কয়েকটি গ্যাসের মিশ্রণ ; তন্মধ্যে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন প্রধান। বাতাসের শতকরা প্রায় (আয়তন হিসাবে) 75 ভাগ নাইট্রোজেন, ও 20 ভাগ অক্সিজেন। তাহাছাড়া বাতাসে জলীয় বাষ্প, কার্বনডাই-অক্সাইড, আর্গন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাস, ধূলিকণা প্রভৃতি রহিয়াছে। উচ্চচাপে ও নিম্ন তাপমাত্রায় বায়ুকে তরল করা যায়। লিণ্ডে প্রণালী (Linde process) বা সংশোধিত ক্লড পদ্ধতি (Claude process) প্রয়োগ করিয়া বায়ুকে তরল করা হয়।

প্রথমতঃ বায়ুকে জলীয় বাষ্প ও কার্বন ডাই অক্সাইড হইতে মুক্ত করিতে হয়, নচেৎ ঠাণ্ডায় উহারা জমিয়া বায়ুর পথরোধ করিয়া দিবে। সেইজন্য বায়ুকে চুনের জল ও অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইডের ভিতর দিয়া পরিচালনা করা হয়। চুনের জল কার্বন-ডাই-অক্সাইড ও অনার্দ্র ক্যালসিয়াম ক্লোরাইড জলীয় বাষ্পকে শোষণ করে। তারপর বিশুদ্ধ ও শুষ্ক বায়ুকে একটি পাম্পের সাহায্যে 200 অ্যাটমস্ফিয়ার চাপে সংনমিত করিয়া (প্রতি অ্যাটমস্ফিয়ার চাপ হ্রাসে উষ্ণতা প্রায় 0·25° হ্রাস পায়) একটি নল কুণ্ডলীতে প্রবেশ করান হয়। নলকুণ্ডলী যে প্রকোষ্ঠে থাকে শীতল জল

দ্বারা সেই প্রকোষ্ঠটিকে ঠাণ্ডা করিতে হয়। চাপ দেওয়ার জন্য যে তাপ উৎপন্ন হয় শীতল জলের সংস্পর্শে তাহা দূরীভূত হইয়া যায়। তাহার পর চাপযুক্ত বাতাস নলপথে একটি নলকুণ্ডলীতে উপনীত হয় (চিত্র, ৫)। এই দ্বিতীয় নলকুণ্ডলীর আবরক (Jacket) রূপে থাকে একটি তাম্রকুণ্ডলী। সেইখান হইতে উচ্চচাপের শীতল বাতাস সরু ছিদ্র পথ দিয়া অন্য একটি প্রকোষ্ঠে প্রবেশ করে; যাহার ফলে সহসা বায়ুর চাপ হ্রাস পায় এবং বাতাস সাধারণ চাপে আসে। এই আকস্মিক চাপ হ্রাসের ফলে বাতাস প্রসারিত হয় ও বাতাসের তাপমাত্রা অনেক কমিয়া যায়। (জুল টমসন—Joule-Thompson প্রভাব)। আয়তন প্রসারণ কালে বাতাস উহার আন্তরাণবিক আকর্ষণ



চিত্র ৫,—তরল বায়ু হইতে অক্সিজেন উৎপাদন

বলের বিরুদ্ধে কাজ করে; সেইজন্য বাতাসের অন্তর্নিহিত শক্তি ব্যয়িত হয়। ইহার ফলে বাতাস শীতল হয় ও অপেক্ষাকৃত শীতল বায়ু আবরক কুণ্ডলীর মধ্য দিয়া যাইবার কালে অন্তঃস্থ কুণ্ডলীর শীতল বায়ুকে আরও শীতল করে। এই শীতল বায়ু নলপথে গিয়া পুনরায় চাপে সংনমিত হইয়া প্রথম কুণ্ডলীতে প্রবেশ করে ও এইরূপে পর পর সঙ্কোচন ও প্রসারণ দ্বারা বাতাসের উষ্ণতা কমিতে কমিতে $-180^{\circ}C$ উষ্ণতায় পৌছিলে ইহা তরলে পরিণত হয়। তরল বায়ু N_2 ও O_2-এর মিশ্রণ। উৎপন্ন তরল বায়ুকে (তরল নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন মিশ্র) তখন অংশ-পাতন নলের (rectifying colum)-এর সাহায্যে 'আংশিক বাষ্পীভবন' (fractional vaporization or fractional evaporation) করিলে তরল নাইট্রোজেন প্রথমে বাষ্পীভূত হইয়া

থাকে, উহার স্ফুটনাংক কম (-195.7° C.) এবং অবশিষ্ট অক্সিজেন তরলরূপে প্রায় বিশুদ্ধ (96% বিশুদ্ধ) অবস্থায় পাওয়া যায়।

বিশুদ্ধ তরল অক্সিজেনের স্ফুটনাংক -180.90C°

বিশুদ্ধ তরল নাট্রোজেনের স্ফুটনাংক -195.7C°

দ্রষ্টব্য :—অংশ-পাতন নলের সাহায্য ভিন্ন তরল বায়ুকে বাষ্পীভবন করিলে যদিও নাইট্রোজেন প্রথমে বাষ্পীভূত হয়, তথাপি অক্সিজেনও উদ্ভূত হইয়া নাইট্রোজেনের সহিত মিশ্রিত থাকে। অক্সিজেনের এই প্রচুর-পরিমাণে ক্ষতি রোধ করার জন্য লিণ্ডে-প্রণালী (Linde Process) (1902) ও পরে সংশোধিত ক্লড-প্রণালী (Claude Process) (1906) উদ্ভাবিত হয়। উভয় প্রণালীই অংশপাতন নলের সাহায্যে তরল বায়ুকে তরল নাইট্রোজেনে ও তরল অক্সিজেনে পৃথক করিয়া থাকে।

কলিকাতার 'ইণ্ডিয়ান অক্সিজেন অ্যাণ্ড অ্যাসেটিলীন কোং' ভারতবর্ষে অক্সিজেন প্রস্তুতকারক প্রতিষ্ঠানের মধ্যে বৃহত্তম। এই ক্লড-প্রণালীই এখানে অনুসৃত হইয়া থাকে।

অক্সিজেনের ধর্ম :

ভৌত ধর্ম :

(ক) অক্সিজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন গ্যাস। ইহার হিমাংক, -218.4°C ও স্ফুটনাংক, -180.90°C.

(খ) অক্সিজেন জীবনধারণের জন্য একান্ত প্রয়োজনীয় ; ইহার সাহায্য ব্যতীত শ্বাস-প্রশ্বাস নির্বাহ অসম্ভব।

(গ) অক্সিজেন বাতাস অপেক্ষা ঈষৎ ভারী। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 22.4 লিটার অক্সিজেনের ভার 32.0 গ্রাম।

(ঘ) অক্সিজেন জলে ঈষৎ দ্রবণীয় ; 0°C. উষ্ণতায়, আয়তন অনুপাতে 4% অক্সিজেন জলে দ্রবীভূত হয়। জলে অক্সিজেন দ্রবীভূত হইবার জন্যই জলজ প্রাণী ও উদ্ভিদেরা শ্বাস-প্রশ্বাস ক্রিয়া নির্বাহ করিতে পারে। মাছ প্রভৃতি জলচর প্রাণীরা ফুলকা দ্বারা দ্রবীভূত অক্সিজেন শোষণ করিয়া শ্বাসকার্য সম্পাদন করে।

(ঙ) তীব্র-উত্তপ্ত স্বর্ণ, রৌপ্য, প্লাটিনাম ও প্যালেডিয়াম ধাতু অক্সিজেন শোষণ করে ; অক্সিজেন শোষণ করার পর গলিত উত্তপ্ত রৌপ্যকে শীতল করিলে অক্সিজেন পুনরায় বিমুক্ত হইয়া থাকে। সাধারণ অক্সিজেনে তিন প্রকারের আইসোটোপ থাকে ; উহাদের ভর সংখ্যা যথাক্রমে 16, 17 ও 18 এবং অনুপাত 99.76 : 0.04 : 0.20

রাসায়নিক ধর্ম :

(ক) অক্সিজেন দাহ্য নয়, কিন্তু দহনক্রিয়ার সহায়ক। ধাতু ও অধাতু মৌল এবং বহু যৌগিক পদার্থও জলন্ত অবস্থায় অক্সিজেনের সংস্পর্শে আরো তীব্রভাবে জলে। বায়ুতে বিভিন্ন পদার্থের দহন ঘটিবার কারণ বায়ুতে অক্সিজেনের অবস্থিতি।

(খ) ধাতু ও অধাতুর সহিত সংযোগে, অক্সিজেন, অক্সাইড শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে। মৌলভেদে অক্সাইডের বিভিন্ন ধর্ম প্রকাশ পায়।

অক্সিজেন অত্যন্ত সক্রিয় মৌল : বহু ধাতু ও অধাতুর সহিত অক্সিজেন সরাসরি যুক্ত হইয়া [প্লাটিনাম প্রভৃতি বর ধাতু, বিরল গ্যাস, হ্যালোজেন মৌলসমূহ বাদে] অক্সাইড শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে। বাতাসের অক্সিজেন দ্বারা উহারা জারিত হয়। সোডিয়াম, পটাশিয়াম প্রভৃতি সক্রিয় ধাতুর জারণ বাতাসের সংস্পর্শেই ঘটিয়া থাকে, আগুন ধরানোর দরকার পড়ে না।

K, Ca, Na, Mg, Al, Zn, Fe, Pb, Cu $\longrightarrow$; Hg, Ag, Au ———— ।

অক্সাইড গঠনে ক্রমহ্রাসমান সক্রিয়তা ; সহজেই জারিত হয় না

$$2Mg + O_2 = 2MgO \; ; \qquad Mg + O \xrightarrow{2e} Mg^{2+}O^{2-} \,।$$

ধাতব অক্সাইড ক্ষারকীয়, জলে দ্রবীভুত হইলে ক্ষারে পরিণত হয়। উহারা অ্যাসিড বা অম্লধর্মী অক্সাইডের সঙ্গে বিক্রিয়ায় লবণ উৎপাদন করে। অধাতব অক্সাইড অম্লধর্মী ; জলের সহযোগে অ্যাসিড উৎপন্ন করে ; ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ প্রস্তুত করে। [ZnO, Al_2O_3 প্রভৃতি উভধর্মী ; FeO_3, CrO_3 প্রভৃতি অম্লধর্মী]

ক্ষারকীয় :

$8Na + 3O_2 = 2Na_2O + 2Na_2O_2$; $2Na_2O + 2H_2O = 4NaOH$

$2Mg + O_2 = 2MgO$; $2Na_2O_2 + 2H_2O = 4NaOH + O_2$

$2Cu + O_2 = 2CuO$; $MgO + 2HCl = MgCl_2 + H_2O$

$CuO + 2HCl = CuCl_2 + H_2O$

অম্লধর্মী :

$C + O_2 = CO_2$; $CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2O$

$S + O_2 = SO_2$; $SO_2 + H_2O = H_2SO_3$

$P_4 + 5O_2 = P_4O_{10}$ $P_4O_{10} + 6H_2O = 4H_3PO_4$

বর্ণহীন NO অক্সিজেনের সংস্পর্শে জারিত হইয়া গাঢ় বাদামী বর্ণের নাইট্রোজেন ডাই-অক্সাইডে জারিত হয় ; $2NO + O_2 = N_2O_4$

সালফিউরাস অ্যাসিড, আয়রন (ii) লবণ, অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়।

$2H_2SO_3 + O_2 = 2H_2SO_4$; $4FeCl_2 + 4HCl + O_2 = 4FeCl_3 + 2H_2O$

অক্সিজেনের নিরীক্ষা :

(1) অক্সিজেন-প্রায়-নির্বাপিত কাঠিকে পুনঃ প্রজ্জলিত করিতে পারে।

(2) অক্সিজেন-জারের সংস্পর্শে একটি নাইট্রিক অক্সাইডপূর্ণ (NO) গ্যাসজার আনিলে উভয়ের সংযোগে গাঢ় বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডায়কসাইডের, NO_2, ধূম উৎপন্ন হয়। $2NO+O_2=2NO_2$

(3) অক্সিজেন ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্বারা শোষিত হইয়া একটি বাদামীরঙের দ্রবণ ও অ্যামোনিয়াযুক্ত কপার (I) ক্লোরাইড দ্বারা শোষিত হইয়া একটি গাঢ় নীল রঙের দ্রবণ উৎপন্ন করে।

অক্সিজেনের ব্যবহার :

1. অক্সি-হাইড্রোজেন (2800° C.) ও অক্সি-অ্যাসেটিলীন শিখা (3200° C.) উৎপাদনের জন্য প্রচুর অক্সিজেন ব্যবহৃত হয়।

2. অক্সিজেন ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ একটি সূক্ষ্মমুখ নলের মুখে জ্বালাইলে তীব্র উত্তপ্ত শিখা (2800° C.) উৎপন্ন করে ; এই শিখাকে প্রচলিত ভাষায় 'অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা' (Oxy-hydrogen flame) বলা হয় ও ইহা ধাতু ঝালাইয়ের কার্যে ব্যবহার হয়।

3. সালফিউরিক অ্যাসিড, নাইট্রিক অ্যাসিড, বিভিন্ন অক্সাইড ও পারকসাইডের উৎপাদনের জন্য প্রচুর অক্সিজেনের ব্যবহার হইয়া থাকে।

4. অক্সিজেন শ্বাসকার্যের, দেহাভ্যন্তরে খাদ্যবস্তুর দহন ও অন্যান্য প্রাণ ক্রিয়ার পক্ষে একান্ত অপরিহার্য। অক্সিজেন ব্যতীত প্রাণের অস্তিত্ব সম্ভব নয়। শ্বাসকৃচ্ছ্রতায় ও কৃত্রিম শ্বাসগ্রহণের একমাত্র উপাদানরূপে অক্সিজেন অবশ্য প্রয়োজনীয়। জলের নীচে ডুবুরীদের, উড়ো জাহাজ-চালকের, পর্বতারোহণকারীর বা মুমূর্ষু রোগীর শ্বাসকষ্টে অক্সিজেন দিয়া শ্বাসকৃচ্ছ্রতা লাঘব করা হয়।

5. অক্সিজেন দহনক্রিয়ার বিশেষ সহায়ক বলিয়া তরল অক্সিজেন সহ অন্যান্য দাহ্য পদার্থ মিশ্রিত করিয়া, কতকগুলি শক্তিশালী কৃত্রিম জ্বালানি প্রস্তুত করা হয়। বিমান ও অতি আধুনিক কৃত্রিম উপগ্রহ উৎক্ষেপণে তরল অক্সিজেনযুক্ত জ্বালানি ব্যবহৃত হয়। বর্তমানে L.D. প্রক্রিয়ায় ইস্পাত উৎপাদনে প্রচুর পরিমাণে অক্সিজেন ব্যবহৃত হইতেছে।

———

দ্বিতীয় অধ্যায়

হাইড্রোজেন (Hydrogen)

আণবিক সংকেত = H_2, পরমাণু ভরসংখ্যা = 1, পরমাণু সংখ্যা = 1, যোজ্যতা = 1.

আবিষ্কার : হাইড্রোজেনের অস্তিত্ব সুদূর প্রাচীনকালে অনুমিত হইলেও মাত্র 1766 খ্রীষ্টাব্দে ইংরেজ বিজ্ঞানী ক্যাভেণ্ডিস ইহার সঠিকস্বরূপ (মৌলরূপ) নিরূপণ করেন। খ্রীষ্টীয় পঞ্চদশ শতকে এ্যালকেমিবিদ লক্ষ্য করেন যে কতিপয় ধাতু ও অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় একটি বর্ণহীন গ্যাস উত্থিত হয় [an air rises that bursts forth like a wind], ক্যাভেনণ্ডিস ইহার নাম দেন "দাহ্যবায়ু'—(inflammable air)। এই দাহ্যবায়ু অক্সিজেনে জ্বলিয়া জল প্রস্তুত করে বলিয়া ফরাসী বৈজ্ঞানিক ল্যাভয়েসিয়ে ইহার নামকরণ করেন হাইড্রোজেন [গ্রীক শব্দ hydrogenum-যাহার অর্থ জল উৎপাদক—hydro = জল ; genum—উৎপাদনকারী]।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

প্রাচুর্যের বিচারে হাইড্রোজেন, মৌলদের মধ্যে অষ্টম স্থান অধিকারী। মৌলাবস্থায় ইহা আগ্নেয়গিরি ও পেট্রোলিয়াম নির্গত গ্যাসে অতি অল্প পরিমাণে ও বায়ুমণ্ডলের উপরিস্তরে নামমাত্রায় (শতকরা 0·0001 ভাগেরও কম) থাকে। সূর্যের বহির্মণ্ডলের অধিকাংশই হাইড্রোজেন। [হাইড্রোজেন এতই লঘু যে সূর্যের মহাকর্ষীয় টান প্রতিহত করিয়া পৃথিবীর অভিকর্ষ ইহাকে আকৃষ্ট করিয়া রাখিতে পারে না ; নিখিল বিশ্বে হাইড্রোজেনের স্থান প্রতুলতার বিচারে মৌলদের মধ্যে প্রথম।] ভূ-ত্বকে (10 মাইল ব্যাপী-ভূতল বায়ুমণ্ডল) পরমাণু হিসাবে মৌলদের মধ্যে হাইড্রোজেনের স্থান তৃতীয়। প্রতি 1000 পরমাণুর ভিতর 530টি পরমাণু অক্সিজেন, 160টি সিলিকন, 150টি হাইড্রোজেন। ভর হিসাবে ভূ-ত্বকের ভরের শতকরা 0·88 ভাগ হাইড্রোজেন। যৌগাস্থায় ইহা প্রচুর পরিমাণে অবস্থান করে। চাল, চিনি, জল, কয়লা, কেরোসীন, পেট্রোল, প্রোটিন প্রভৃতি উদ্ভিজ্জ ও পানীয় জৈব যৌগে হাইড্রোজেন রহিয়াছে। অ্যাসিড, ক্ষার ও জলেও ইহা বিদ্যমান।

হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :

অ্যাসিড, ক্ষার ও জল হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা হয়।

১। অ্যাসিড হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি ঃ

অ্যাসিডের হাইড্রোজেন ধাতু দ্বারা প্রতিস্থাপনীয় ; তবে যে কোন ধাতু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় H_2 উৎপন্ন করে না। তীব্র পরাবিদ্যুৎধর্মী ধাতু অর্থাৎ তাড়িদ-রাসায়নিক পঙ্ক্তিতে যে সব ধাতুর স্থান H_2 র উপরে ; তাহারাই অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় H_2 উৎপন্ন করে ; H_2-র নিম্নে অবস্থিত ধাতুগুলি করে না। [HNO_3-র সহিত ধাতুর বিক্রিয়া অন্যরকম]

K, Ca, Na	জলের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া করে ; অ্যাসিডের সহিত তীব্রভাবে বিক্রিয়া করে।	$2Na+2HCl=2NaCl+H_2$ $[2Na=2Na^+ + 2e$; $2H^+ + 2e = H_2]$
Mg, Al, Zn, Fe	ষ্টিমের সহিত বিক্রিয়া করে ; অ্যাসিডের সহিত সহজেই বিক্রিয়া করে।	$Mg+H_2SO_4=MgSO_4+H_2$ $[Mg=Mg^{2+}+2e$; $2H^+ + 2e = H_2]$ $Zn+2HCl=ZnCl_2+H_2$ $[Zn=Zn^{2+}+2e$; $2H^+ + 2e = H_2]$ $2Al+6HCl=2AlCl_3+3H_2$ $[2Al=2Al^{3+}+6e$; $6H^+ + 6e = 3H_2]$
Co, Ni, Sn, Pb	জল ও ষ্টিমের সহিত বিক্রিয়া করে না ; অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া মন্থর।	
H		
Cu, Ag, Hg, Au	জল ষ্টিম বা অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করে না।	

পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি ঃ

অ্যাসিড হইতে ঃ পরীক্ষাগারে সাধারণতঃ দস্তার ছিবড়ার সহিত লঘু H_2SO_4 এর বিক্রিয়ায় H_2 প্রস্তুত করা হয়। H_2 উদ্ভূত হইবার পর পরীক্ষাপাত্রে $ZnSO_4$-এর দ্রবণ পড়িয়া থাকে।

ক্ষার হইতে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি ঃ

ধাতুগুলির মধ্যে বিশেষ কতকগুলি ধাতুকে উভধর্মী (amphoteric) ধাতু বলা হয়। যে সকল ধাতুর অক্সাইড অম্লীয় ও ক্ষারীয় উভয়বিধ ধর্মই প্রদর্শন করে, উহাদের

উভধর্মী ধাতু বলা হয়—যথা, Al, Zn, Sn, Pb, As, Sb ইত্যাদি। উভধর্মী ধাতুর সহিত উত্তপ্ত ও তীব্র ক্ষারের বিক্রিয়ার ফলে H_2 উৎপন্ন হয়। যথা—

$$Zn + 2KOH = Zn(OK)_2 + H_2$$
$$2Al + 2NaOH + 2H_2O = 2NaAlO_2 + 3H_2$$

কয়েকটি বিশেষ অধাতু যথা, Si, B ইত্যাদিও ক্ষারের সাহিত বিক্রিয়ার ফলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। যথা--

$$Si + 2NaOH + H_2O = Na_2SiO_3 + 2H_2$$
$$2B + 6KOH = 2K_3BO_3 + 3H_2$$

জল হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদন :

জল হাইড্রোজেনের সর্বাপেক্ষা গুরুত্বপূর্ণ যৌগিক। বিভিন্ন অবস্থায় বিভিন্ন বিক্রিয়ার সাহায্যে জল হইতে হাইড্রোজেন বিযুক্ত করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা যায়।

(ক) **সাধারণ উষ্ণতায় জল হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদন :**

তাড়িদ্ রাসায়নিক ক্রমপঞ্জীর শীর্ষস্থানীয় কয়েকটি ধাতু সাধারণ উষ্ণতায় জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিয়া থাকে। যথা—

$2K + 2H_2O = 2KOH + H_2$; $Ca + 2H_2O = Ca(OH)_2 + H_2$

বিক্রিয়াগুলি এত তীব্র ও তাপদায়ী যে উৎপন্ন হাইড্রোজেন প্রায়শঃই জ্বলিয়া ওঠে।

(খ) **স্ফুটন উষ্ণতায় জল হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদন :**

জিংক-কপার আস্তরণ, অ্যালুমিনিয়ম-চূর্ণ, Mg-চূর্ণ, Al-এর পারদ-সংকর (amalgam), Mg-এর পারদ সংকর প্রভৃতির সহিত জল স্ফুটনাঙ্কের উষ্ণতায় বিক্রিয়া করিলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হইয়া থাকে—

$2Al + 6H_2O = 2Al(OH)_3 + 3H_2$; $Mg + 2H_2O = Mg(OH)_2 + H_2$

(গ) **বাষ্প হইতে হাইড্রোজেন উৎপাদন :**

উত্তপ্ত বাষ্প তীব্র-উত্তপ্ত কয়েকটি ধাতুর (যথা, Al, Mg, Fe) বা অধাতুর (যথা C, P) উপর চালনা করিলে যে বিক্রিয়া ঘটে, উহার ফলে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়—

$Mg + H_2O = MgO + H_2$; $3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 4H_2$

$2Al + 3H_2O = Al_2O_3 + 3H_2$; $C + H_2O = CO + H_2$

(ঘ) হাইড্রাইড ও জলের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপাদন :

ধাতব হাইড্রাইডসমূহ (ধাতু ও হাইড্রোজেনের যৌগ—হাইড্রাইড) জলের সহিত সহজেই রাসায়নিক বিক্রিয়া করে ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করিয়া থাকে।

$$CaH_2+2H_2O=Ca(OH)_2+2H_2 ; \quad NaH+H_2O=NaOH+H_2$$

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :

হাইড্রোজেন উপরোক্ত প্রণালীগুলিতে প্রস্তুত করিলে বিশুদ্ধ হয় না। বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতির জন্য বিশেষ কতকগুলি প্রণালীর প্রয়োগ হইয়া থাকে।

সাধারণ হাইড্রোজেনের বিশুদ্ধীকরণ দ্বারা :

পরীক্ষাগারে Zn ও লঘু H_2SO_4-এর বিক্রিয়ার ফলে যে হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা হয়, উহাতে অল্প পরিমাণ আর্সেনিক হাইড্রাইড AsH_3, ফসফিন (Phosphine) PH_3, হাইড্রোজেন সালফাইড H_2S, সালফার ডায়ক্সাইড SO_2, নাট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড (প্রধানতঃ NO_2), কার্বন ডায়ক্সাইড CO_2, জলীয় বাষ্প ও নাইট্রোজেন প্রভৃতি পদার্থ কলুষরূপে (impurity) বর্তমান থাকার সম্ভাবনা থাকে।

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতির জন্য উপরোক্ত হাইড্রোজেনের পরিশোধন প্রয়োজন। পরিশোধনের জন্য অবিশুদ্ধ হাইড্রোজেনকে ক্রমান্বয়ে কতকগুলি U-টিউবের মধ্য দিয়া চালনা করা হয় ; U-টিউবগুলি যথাক্রমে লেড নাইট্রেট-দ্রবণ, সিলভার সালফেট দ্রবণ, কঠিন KOH ও গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা পূর্ণ থাকে। অবিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ঐ টিউবগুলির মধ্য দিয়া চালনা করিবার কালে :—

(ক) লেড-নাইট্রেট দ্রবণ H_2S কে শোষণ করিয়া লয়,

(খ) সিলভার সালফেট দ্রবণ PH_3 ও AsH_3 কে শোষণ করে ;

(গ) কঠিন KOH অম্লধর্মী কলুষ যথা SO_2, NO_2, CO_2 শোষণ করে এবং

(ঘ) গাঢ় H_2SO_4 জলীয় বাষ্প শোষণ করে।

সর্বশেষে যে হাইড্রোজেন বাহির হইয়া আসে উহাতে কেবলমাত্র নাইট্রোজেন কলুষরূপে বিদ্যমান থাকে।

হাইড্রোজেনকে নাইট্রোজেন হইতে বিমুক্ত করার জন্য একটি উত্তপ্ত প্যালেডিয়ম ধাতুর টুকরাপূর্ণ বায়ুশূন্য গোলকের মধ্যে চালনা করা হয়। উত্তপ্ত প্যালেডিয়ম ধাতু হাইড্রোজেন শোষণ করে, কিন্তু নাইট্রোজেনকে করে না। অশোষিত নাইট্রোজেনকে পাম্প করিয়া গোলক হইতে বাহির করিয়া দেওয়া হয়। এখন প্যালেডিয়ম ধাতুসহ গোলকটিকে তীব্র উত্তপ্ত করিলে, শোষিত হাইড্রোজেন বিশুদ্ধরূপে নির্গত হইতে থাকে

ও উহাকে পারদের অপসারণ (displacement of mercury) দ্বারা একটি পারদপূর্ণ গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

পারদসংকর সাহায্যে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন প্রস্তুতি :

বিশুদ্ধ অ্যালুমিনিয়ামের বা ম্যাগনেসিয়মের টুকরা বিশুদ্ধ পারদের সহিত একটি খলে উত্তমরূপে মাড়িলে উহাদের পারদসংকর (amalgam) প্রস্তুত হয়। এই পারদসংকরগুলিকে বিশুদ্ধ জলের সহিত সামান্য উত্তাপে বিক্রিয়া করিলে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন উদ্ভূত হয়। এই হাইড্রোজেনকে P_2O_5 সাহায্যে শুষ্ক করিয়া পরে পারদের অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

হাইড্রোজেন প্রস্তুতিতে অবিশুদ্ধ জিঙ্ক ব্যবহারের কারণ ব্যাখ্যা :

বিশুদ্ধ Zn-র সহিত H_2SO_4-এর বিক্রিয়া অত্যন্ত মন্থর, কিন্তু Zn-র সহিত ধাতব অপদ্রব্য মিশ্রিত থাকিলে কিংবা Znএ অল্প $CuSO_4$ দ্রবণ যোগ করিলে H_2র নিষ্ক্রমণ দ্রুততর হয়। জলের তড়িৎবিশ্লেষণে H_2 প্রস্তুত করিতে Pt অপেক্ষা Zn ধাতু ক্যাথোড হিসাবে ব্যবহৃত হইলে অধিকতর তড়িৎশক্তির প্রয়োজন হয়। বস্তুত: H_2 উৎপাদনে বিভিন্ন ধাতব ক্যাথোডের ক্ষেত্রে বিভিন্নমাত্রার তড়িৎশক্তির দরকার; যদিও বিক্রিয়াকালে ভর ও রাসায়নিক প্রকৃতির বিচারে ধাতু সমূহ অপরিবর্তিত থাকে। স্পষ্টই, $2H^+ + 2e = H_2$ বিক্রিয়ায় ধাতু অনুঘটকের কাজ করে। বিক্রিয়াটি ত্বরান্বিত করার ক্ষমতা ভিন্ন ভিন্ন ধাতুর ভিন্ন—Zn-র কম, Pt-র বেশী। এমনকি Zn অপেক্ষা Cu-র বেশী। সুতরাং Zn-Cu যুগলকে যদি অ্যাসিডে রাখা হয়, Cu-এ H_2 মুক্ত হয়, প্রয়োজনীয় ইলেকট্রন Zn ধাতু হইতে আসে $Zn \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2e$। অবিশুদ্ধ Zn কে কতকগুলি যুগলের (Couple) সমষ্টি মনে করা যাইতে পারে। অপদ্রবের পৃষ্ঠতল হইতে H_2 নিষ্ক্রান্ত হইতে থাকে। হাইড্রোজেন আয়ন Zn ধাতু হইতে প্রদত্ত ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া অপদ্রব্যের পৃষ্ঠতল হইতে উদ্ভূত হয়।

হাইড্রোজেনের শিল্প উৎপাদন (Manufacture of Hydrogen) :

জিঙ্ক ও H_2SO_4 সহযোগে অধিক পরিমাণে H_2 এর উৎপাদন করা যায় না। কারণ Zn ও H_2SO_4 উভয় বিক্রিয়কের ব্যবহার ব্যয়সাধ্য; যাহার ফলে উৎপন্ন H_2-এর মূল্য অধিক হইয়া থাকে। হাইড্রোজেনের পণ্য উৎপাদনকালে সুলভে ও সহজে হাইড্রোজেন প্রস্তুতি প্রধান বিচার্য।

ক্লোরিনের পণ্য উৎপাদনকালে NaCl দ্রবণের তড়িদ্‌বিশ্লেষণ করা হয়, উহা মুখ্যতঃ ক্লোরিন উৎপাদনের প্রণালী হইলেও উহার সহিত প্রচুর H_2 সুলভে সহোৎপন্ন (by-product) হইয়া থাকে। আমেরিকা প্রভৃতি দেশে স্বতঃউদ্ভূত প্রকৃতিজ গ্যাস (natural gas) সুলভ হাইড্রোজেনের অন্যতম প্রধান উৎস। কয়লার মধ্যে কিছু

হাইড্রোজেন আবদ্ধ থাকে ; কয়লা দহন করিয়া কোলগ্যাস (Coal gas) প্রস্তুতির কালে এই আবদ্ধ হাইড্রোজেন উদ্ভূত হয়।

হাইড্রোজেনের শিল্পোৎপাদনে নিম্নোক্ত পদ্ধতিগুলি উল্লেখযোগ্য :—

স্টীম ও লালতপ্ত লৌহের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপাদন : লেন পদ্ধতি (Lane Process)—লালতপ্ত লৌহচূর্ণের উপর দিয়া স্টীম পরিচালনা করিলে ফেরোসো ফেরিক অক্সাইড (Fe_3O_4) ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$$

উৎপন্ন ফেরোসো ফেরিক অক্সাইডকে ওয়াটার গ্যাস ($CO+H_2$) দ্বারা লৌহ বিজারিত করিয়া বিজারিত লৌহ পুনঃ পুনঃ ব্যবহৃত হয়।

$$Fe_3O_4+4CO \rightleftharpoons 3Fe+4CO_2 \; ; \; Fe_3O_4+4H_2 \rightleftharpoons 3Fe+4H_2O$$

এই পদ্ধতিতে উত্তপ্ত লৌহচূর্ণের উপর দিয়া পর্যায়ক্রমে স্টীম ও ওয়াটার গ্যাস পরিচালনা করা হয়।

শ্বেততপ্ত কোক ও স্টিমের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন উৎপাদন : বশ পদ্ধতি (Bosch Process)—ভারতবর্ষের সুবিখ্যাত সার কারখানায় হাইড্রোজেন এই প্রণালী দ্বারা উৎপন্ন হয়।

শ্বেততপ্ত ($800^\circ-1000^\circ C$) কোকের উপর দিয়া ষ্টিম পরিচালনা করিলে তাহাদের বিক্রিয়ায় ওয়াটার গ্যাস তৈয়ার হয়। সমআয়তনের CO ও H_2 এর মিশ্রণকে ওয়াটার গ্যাস বলা হয়। $C+H_2O \rightleftharpoons CO+H_2$ (ওয়াটার গ্যাস)

ওয়াটার গ্যাসকে অতিরিক্ত স্টীমের সহিত মিশাইয়া মিশ্রণকে অনুঘটক হিসাবে উত্তপ্ত ($400^\circ C$) আয়রণ অক্সাইড ও উদ্দীপক (Promoter) ক্রোমিয়াম অক্সাইডের (Cr_2O_3) উপর প্রবাহিত করা হয়। CO জারিত হইয়া CO_2-এ পরিণত হয় ও আরও হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয় :

$(CO+H_2)+H_2O \rightleftharpoons CO_2+2H_2$; উৎপন্ন CO_2 কে 20-30 অ্যাটমোস্ফিয়ার চাপে জলে ধৌত করিয়া দূরীভূত করা হয়। অবশিষ্ট CO-কে (সামান্য কিছু থাকিলে) কিউপ্রাস ক্লোরাইড, Cu_2Cl_2, দ্রবণে শোষণ করিয়া H_2 সংগ্রহ করা হয়।

তড়িদ্-বিশ্লেষণ সাহায্যে হাইড্রোজেনের পণ্য-উৎপাদন :

যে সকল দেশে তড়িৎশক্তি সুলভ, সেই সকল দেশে সুলভে হাইড্রোজেন উৎপাদনের জন্য প্রক্রিয়াটি বিশেষ উপযোগী। এই প্রক্রিয়ায় বিশেষভাবে নির্মিত তড়িদ্-বিশ্লেষ

আধারে নিকেল তড়িদ্দণ্ড সাহায্যে সামান্য ক্ষারযুক্ত জলের তড়িদ্-বিশ্লেষ করা হইয়া থাকে। ফলে, অ্যানোডে অক্সিজেন ও ক্যাথোডে হাইড্রোজেন উৎপন্ন হয়।

$$H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$$

ক্যাথোডে : অ্যানোডে :

$$H^+ + e = H \qquad 2OH^- = H_2O + O + 2e$$

$$2H = H_2 \qquad 2O = O_2$$

$$\therefore \; 2H_2O = 2H_2 + O_2$$

হাইড্রোজেনের ধর্মাবলী (Properties of hydrogen) :

ভৌত ধর্মাবলী (Physical properties) :

(ক) হাইড্রোজেন বর্ণহীন, গন্ধহীন ও স্বাদহীন গ্যাস।

(খ) হাইড্রোজেন জলে অতি অল্প দ্রবণীয় ; সাধারণ উষ্ণতা ও চাপে 1 সি. সি. জল 0·02 সি. সি. হাইড্রোজেন দ্রবীভূত করিয়া থাকে।

(গ) হাইড্রোজেন সমস্ত পার্থিব পদার্থের মধ্যে লঘুতম। 1 সি. সি. হাইড্রোজেনের ওজন=·000089 গ্রাম মাত্র।

(ঘ) অতি উচ্চ চাপে ও অতি নিম্ন উষ্ণতায় হাইড্রোজেনকে তরল করা চলে। হাইড্রোজেনের চরম উষ্ণতা (critical temperature,—240°C) ও চরম-চাপ (critical pressure, 12·8 বায়ু-চাপ)। তরল হাইড্রোজেন একটি বর্ণহীন তরল পদার্থ ; —25·28°C উষ্ণতা ও 745·52 মি. মি. চাপে তরল হাইড্রোজেনের ঘনত্ব 0·071 গ্রাম/সি.সি.

রাসায়নিক ধর্মাবলী (Chemical properties) :

(ক) হাইড্রোজেন দাহ্য (inflammable) গ্যাস ; কিন্তু দহনের সহায়ক (supporter of combustion) নয়।

সাধারণ চাপে হাইড্রোজেন দহনকালে অতিক্ষীণ নীলাভ শিখা উৎপন্ন করে। উচ্চতাপমাত্রায় হাইড্রোজেনের দহনকালে দীপ্তিমান শিখা উৎপন্ন হয়। হাইড্রোজেন দহনকালে বায়ুস্থ অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক বিক্রিয়ায় সংযুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে এবং প্রচুর তাপের উদ্গীরণ হয়। সে কারণেই উহাকে হাইড্রোজেন (Hydro—water ; genas—to produce) বলা হয়।

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O + 136{\cdot}8 \text{ K.Cal.}$$

(খ) সকল অবস্থায়ই অক্সিজেনের সহিত মিলিত হইবার প্রবল আসক্তি (affinity) হাইড্রোজেনের দেখা যায়; সে কারণে অক্সিজেনযুক্ত পদার্থকে হাইড্রোজেনসহ বিক্রিয়া করিলে অক্সিজেন দূরীভূত হয়। হাইড্রোজেন একটি উত্তম বিজারক পদার্থ। হাইড্রোজেন সহযোগে উত্তপ্ত ধাতব অক্সাইডগুলি বিজারিত হয়।

$$\overset{2e}{H_2 + CuO = Cu + H_2O} \;;\; \overset{2e}{H_2 + Cu^{2+}O^{2-} \rightarrow Cu^0 + H_2{}^{1+}O^{2-}}$$

(গ) নিকেল, আয়রন, কোবাল্ট, প্লাটিনাম এবং বিশেষ করিয়া প্যালেডিয়াম ধাতু উত্তপ্ত অবস্থায় হাইড্রোজেনকে শোষণ করে। এই শোষিত হাইড্রোজেন যুক্ত ধাতুগুলিকে অধিকতর উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন বিশুদ্ধ অবস্থায় নির্গত হইয়া থাকে। উপরোক্ত ধাতুগুলির এই হাইড্রোজেন-শোষণ ক্ষমতাকে **হাইড্রোজেনের অন্তর্ধৃতি** (Occlusion of Hydrogen) বলা হয়।

হাইড্রোজেন প্রত্যক্ষভাবে বহু অধাতুর সহিত এবং প্রত্যক্ষ বা পরোক্ষভাবে বহু ধাতুর সহিতও (যথা Na, K ইত্যাদি) সংযুক্ত হইয়া হাইড্রাইড (**Hydride**) শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে। যথা,—

$$H_2 + F_2 \xrightarrow{\text{অন্ধকারে}} 2HF \;;\; H_2 + Cl_2 \xrightarrow{\text{সূর্যালোকে}} 2HCl$$

$$3H_2 + N_2 \xrightarrow[\text{অনুঘটক}]{\text{চাপ, উত্তাপ}} 2NH_3 \;;\; H_2 + 2C \xrightarrow[\text{স্ফুলিঙ্গ}]{\text{বিদ্যুৎ}} C_2H_2$$

$$H_2 + Ca \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} CaH_2 \;;\; H_2 + 2Na \xrightarrow{\text{উত্তাপ}} 2NaH$$

বিচূর্ণ Ni অনুঘটকের উপস্থিতিতে H_2 অসম্পৃক্ত জৈব যৌগের সহিত সরাসরি যুক্ত হইয়া উহাদিগকে সম্পৃক্ত যৌগে পরিণত করে।

$$H_2C=CH_2 + H_2 \rightarrow H_3C-CH_3$$

এই বিক্রিয়ার উপর ভিত্তি করিয়া অধুনা তরল তৈলকে প্রচুর পরিমাণে কঠিন চর্বিতে পরিণত করা হয়। এই প্রক্রিয়াকে বলে তেলের কঠিনীকরণ (hardening of oil)। 'বনস্পতি ঘি' এই পদ্ধতিতেই প্রস্তুত হয়।

হাইড্রোজেন উচ্চচাপে ও উত্তপ্ত $ZnO + Cr_2O_3$-এর উপস্থিতিতে CO-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া মিথাইল অ্যালকোহল প্রস্তুত করে।

$$CO + 2H_2 \rightleftharpoons 2CH_3OH \text{ (মিথাইল অ্যালকোহল)}$$

জায়মান বা সত্যজাত হাইড্রোজেন (Nascent hydrogen) :

উৎপাদন মুহূর্তের হাইড্রোজেনকে **জায়মান** (Nascent) হাইড্রোজেন বলে। সদ্যোজাত হাইড্রোজেন সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা অনেক বেশী সক্রিয়। $FeCl_3$, K_2MnO_4, $K_2Cr_2O_7$ প্রভৃতির দ্রবণ সাধারণ হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হয় না, কিন্তু এইসব দ্রবণে Zn ও H_2SO_4 দিলে উহারা বিজারিত হয়। অর্থাৎ জায়মান হাইড্রোজেন উহাদিগকে বিজারিত করে। জায়মান হাইড্রোজেনকে H* দ্বারা চিহ্নিত করা হইয়াছে।

(i) $FeCl_3 + H^* \rightarrow FeCl_2 + HCl$ (e)

হলুদ (ফিকে সবুজ, প্রায় বর্ণহীন)

(ii) $2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 10H^* \rightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + 8H_2O$ (10e)

বেগুনী বর্ণহীন

(iii) $K_2Cr_2O_7 + 4H_2SO_4 + 6H^* \rightarrow K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$ (6e)

কমলা রং সবুজ

জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়তা আবার বিক্রিয়া ভেদে বিভিন্ন হয়। Zn + H_2SO_4 হইতে প্রাপ্ত জায়মান হাইড্রোজেন ক্লোরেট লবণকে ক্লোরাইডে বিজারিত করিতে পারে, কিন্তু সোডিয়াম অ্যামালগাম ও জল হইতে প্রাপ্ত জায়মান হাইড্রোজেন তাহা পারে না। জায়মান হাইড্রোজেনের সক্রিয়নশক্তি ইহার উৎপাদন-বিক্রিয়ার উপর নির্ভর করে। বিক্রিয়ামাত্রেই শক্তির পরিবর্তন অবশ্যম্ভাবী ; বিক্রিয়া উদ্ভূত শক্তির দ্বারা জায়মান হাইড্রোজেনের শক্তির মাত্রা নির্ধারিত হয়। বিক্রিয়াভেদে উদ্ভূত শক্তির মাত্রা বিভিন্ন ; ফলে বিভিন্ন বিক্রিয়াজাত হাইড্রোজেনের বলাধান বিভিন্ন হইয়া থাকে।

জায়মান হাইড্রোজেনের পরীক্ষা :

1. অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণে কিপস্ যন্ত্র হইতে হাইড্রোজেন চালনা করিলে দেখা যায়, $KMnO_4$ দ্রবণের গোলাপী রঙ পরিবর্তিত হয় নাই, অর্থাৎ $KMnO_4$-দ্রবণটি বিজারিত হয় নাই।

এখন একটি বীকারে উপরোক্ত $KMnO_4$-দ্রবণ খানিকটা লইয়া উহাতে কিছু Zn-এর টুকরা ও লঘু H_2SO_4 যোগ করা হইল; দেখা যায় দ্রবণটি ধীরে ধীরে বর্ণহীন হইয়া যায়, অর্থাৎ নিম্নোক্ত বিজারণ ঘটে—

$$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 10H = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$$

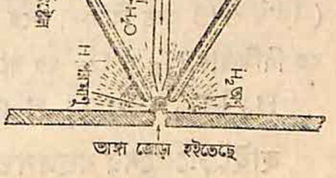
অর্থাৎ প্রথম ক্ষেত্রে সাধারণ হাইড্রোজেনের বিজারণ-ক্ষমতা অপেক্ষা দ্বিতীয় ক্ষেত্রে বীকারে উৎপন্ন জায়মান হাইড্রোজেনের বিজারণ ক্ষমতা অধিক।

2. পূর্বের ন্যায়, একটি বীকারে কিছু $FeCl_3$ দ্রবণে (হলুদ বর্ণ) কিপস্ যন্ত্র হইতে হাইড্রোজেন চালনা করিলে, দ্রবণের বর্ণের কোনো পরিবর্তন ঘটে না; কিন্তু $FeCl_3$-দ্রবণের মধ্যেই Zn ও লঘু H_2SO_4 যোগ করিলে দ্রবণটি বিজারিত ও বর্ণহীন হয়। $Fe_2Cl_6 + 2H = 2FeCl_2 + 2HCl$

এক্ষেত্রেও জায়মান হাইড্রোজেনের অধিকতর বিজারণ ক্ষমতা প্রমাণিত হয়।

পারমাণবিক হাইড্রোজেন (Atomic hydrogen):

হাইড্রোজেন অণু দুইটি পরমাণুর সমযোজ্যতার মাধ্যমে গঠিত হয়; এই বন্ধনশক্তি খুব দৃঢ়। সুতরাং হাইড্রোজেন অণুকে দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুতে বিমুক্ত করিতে প্রচুর শক্তির প্রয়োজন। $H_2 + 100K.Cal \rightarrow H + H$: আবার হাইড্রোজেন পরমাণুদ্বয়ের মিলনেও প্রচুর অনুরূপ তাপশক্তির উদ্গীরণ হয়।



চিত্র—৬

দুইটি টাংস্টেন তড়িৎদ্বারের মধ্যস্থিত বিদ্যুৎ আর্কের ভিতর দিয়া হাইড্রোজেন প্রবাহিত করিলে উহা পরমাণুতে বিভাজিত হয়। এই বিমুক্ত পরমাণুদ্বয় ধাতবতলের সংস্পর্শে আসিলেই পুনর্মিলিত হয়, (চিত্র- ৬) ফলে ঝালাই কাজের উপযোগী অতি উচ্চ তাপমাত্রার (4000°–5000°C) সৃষ্টি হয়। অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা দ্বারা ঝালাই কাজ অপেক্ষা পারমাণবিক হাইড্রোজেন দ্বারা ঝালাই কাজের অনেক সুবিধা; কারণ ইহাতে ধাতবতলকে অক্সাইড সর (film) হইতে মুক্ত রাখিবার জন্য কোন বিগালক (flux) ব্যবহারের দরকার পড়ে না। এই বিক্রিয়ার উপর ভিত্তি করিয়া হাইড্রোজেন পারমাণবিক টর্চ প্রস্তুত হইতেছে।

হাইড্রোজেনের আইসোটোপ (Isotopes of Hydrogen) :

হাইড্রোজেনের আইসোটোপ তিনটি ; উহাদের নাম প্রশিয়াম বা সাধারণ হাইড্রোজেন (^1_1H), ডয়টেরিয়াম বা ভারী হাইড্রোজেন (^2_1D), ট্রাইটিয়াম (^3_1T)। উহাদের ভরসংখ্যা যথাক্রমে, 1, 2, ও 3। প্রতি 6000 হাইড্রোজেন অণুতে একটিমাত্র



চিত্র—৭

ডয়টেরিয়াম অণু থাকে ; ট্রাইটিয়াম নাই বলিলেই চলে ; [প্রতি 10^{17} হাইড্রোজেনে একটি T থাকে) ট্রাইটিয়াম অত্যন্ত অস্থায়ী ; উহা পরমাণুকেন্দ্রিক বিক্রিয়ায় (nuclear reactions) উৎপন্ন হইয়া থাকে। প্রতি আইসোটোপের নিউক্লিয়াসে একটি করিয়া প্রোটন ও নিউক্লিয়াসের বাহিরে দ্রুত প্রদক্ষিণরত একটি করিয়া ইলেকট্রন থাকে। হাইড্রোজেনের নিউক্লিয়াসে কোন নিউট্রন নাই ; ডয়টেরিয়ামে 1টি ও ট্রাইটিয়ামে 2টি নিউট্রন থাকে।

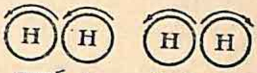
ওজনের পার্থক্য হেতু হাইড্রোজেন ও ভারী হাইড্রোজেনের ভৌতধর্মের পার্থক্য আছে কিন্তু রাসায়নিক ধর্মের বিচারে কোন পার্থক্য নাই। তবে ডয়টেরিয়াম ধীরে ও অসম্পূর্ণ ভাবে বিক্রিয়া করে। কারণ ইহার বাঁধনশক্তি বেশী। H_2-র বাঁধন D_2-র বাঁধন অপেক্ষা (18 গুণ) দ্রুত ছিন্ন হয় ; সে কারণে H_2, Cl_2র সহিত D_2 অপেক্ষা (13·4 গুণ) দ্রুত বিক্রিয়া করে। $2D_2+O_2=2D_2O$; $D_2+Cl_2=2DCl$। বহু বিক্রিয়ায় H_2 ও D_2 এর মধ্যে বিনিময় ঘটে।

$H_2+D_2=2HD$; $H_2O+D_2=D_2O+H_2$ ইত্যাদি।

হাইড্রোজেনের বহুরূপতা (Allotropy) : অর্থো ও প্যারা হাইড্রোজেন (Ortho-and para-hydrogen) :

পরীক্ষায় জানা গিয়াছে যে হাইড্রোজেনের কেন্দ্রস্থ প্রোটন আবর্তনশীল। প্রোটনের এই আবর্তন দক্ষিণমুখী বা উত্তরমুখী হইতে পারে। যদি হাইড্রোজেন অণু এমন দুইটি হাইড্রোজেন পরমাণু সমবায়ে গঠিত হয় যে উহাদের প্রোটনদ্বয়ের আবর্তন একইমুখী অর্থাৎ উভয়ই দক্ষিণমুখী বা উভয়ই উত্তরমুখী, তবে এইরূপ হাইড্রোজেনকে

অর্থো হাইড্রোজেন বলা হয়। আর হাইড্রোজেন অণু যদি এমন তুইটি হাইড্রোজেন পরমাণুর সহযোগে গঠিত হয় যে প্রোটনদ্বয়ের আবর্তন বিপরীতমুখী—অর্থাৎ একটি প্রোটন দক্ষিণমুখী, অপরটি উত্তরমুখী, তখন হাইড্রোজেনকে বলা হয় **প্যারা** হাইড্রোজেন। প্রোটন ঘূর্ণনজনিত সমাবয়তা কেবল হাইড্রোজেনে নয়, বস্তুতঃ ঘূর্ণনরত নিউক্লিয়াস গঠিত দ্বিপরমাণুক প্রতিসম অণুর ক্ষেত্রেই যথা (O_2, N_2, Cl_2) দেখা যায়।


অর্থো-H_2 প্যারা-H_2

চিত্র, ৮

সাধারণ হাইড্রোজেনে অর্থো হাইড্রোজেন 75%, প্যারা হাইড্রোজেন 25% থাকে। নিম্ন তাপমাত্রায় অপেক্ষাকৃত কম আন্তর শক্তি সম্পন্ন প্যারা হাইড্রোজেনের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইতে থাকে; পরমশূন্য তাপমাত্রার কাছাকাছি প্রায় সবটাই প্যারা হাইড্রোজেন। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে অর্থোহাইড্রোজেনের পরিমাণ বাড়ে। এই রূপভেদের জন্য ভৌতধর্মের কিঞ্চিৎ তফাৎ হয়; রাসায়নিক ধর্ম এক হয়।

হাইড্রোজেনের বিশেষত্ব ঃ

হাইড্রোজেন মৌলদের মধ্যে আদি মৌল। ধর্মের বৈচিত্র্যেও ইহা অদ্বিতীয়।

হাইড্রোজেন সমযোজী অণু গঠন করে; ইহাতে হাইড্রোজেন পরমাণুদ্বয় অত্যন্ত দৃঢ়ভাবে সংঘবদ্ধ; হাইড্রোজেন আয়ন (পজিটিভ বা নেগেটিভ আয়ন) সৃষ্টি করা তুরূহ; সেইজন্য অধিকাংশ যৌগেই হাইড্রোজেন সমযোজ্যতার মাধ্যমে যুক্ত হয়।

হাইড্রোজেন তিন রকমভাবে বিক্রিয়া করিতে পারে।

(1) হাইড্রোজেন ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া নেগেটিভ আয়ন (H^-) গঠন করিয়া যৌগ উৎপন্ন করিতে পারে। সোডিয়াম প্রভৃতি তীব্র তড়িৎধনাত্মক মৌলের সহিত বিক্রিয়া কালে ইহা ধাতু হইতে ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া ঋণাত্মক আয়নে পরিণত হয় এবং ধাতুর পজিটিভ আয়নের সহিত তড়িৎযোজী যৌগ গঠন করে। $Na + H \xrightarrow{} Na^+H^-$ (e: Na → H)।

গলিত সোডিয়াম হাইড্রাইডের তড়িৎ বিশ্লেষণে হাইড্রোজেন অ্যানোডে নির্গত হয়। এই ক্ষেত্রে সোডিয়ামের সহিত হাইড্রোজেনের সংযোগ সত্ত্বেও Na জারিত হয়।

(2) অধিকতর অপরাধর্মী মৌলের সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন একটি ইলেকট্রন পরিত্যাগ করিয়া ধনাত্মক আয়ন (H^+) গঠন করিতে পারে। $F + H \rightarrow H^+F^-$ (e: H → F)

(3) সংযোজিত পরমাণুর বিশেষতঃ অধাতু ইলেকট্রনের সহিত ইলেকট্রনজোড়ের মাধ্যমে সমযোজী হাইড্রোজেন যৌগ গঠন করিতে পারে।

$H^{\cdot} + {}^{\cdot}X \rightarrow H : X$ এই ক্ষেত্রে অবশ্য ইলেকট্রন জোড় তড়িৎ-ঋণাত্মক (electro negative) পরমাণুর দিকে আকৃষ্ট হয়। অতএব হাইড্রোজেনের **জারণ সংখ্যা +1, −1** বা 0 এই তিন রকমই হইতে পারে।

হাইড্রোজেনের নিরীক্ষা :

কোনো গ্যাস হাইড্রোজেন কিনা উহা নিম্নোক্ত ধর্মগুলি হইতে স্থির করা হইয়া থাকে।

(1) হাইড্রোজেন বায়ু বা অক্সিজেনে নীলাভ শিখা উৎপন্ন করিয়া জলিতে পারে ও দহনের ফলে জল উৎপন্ন হয়।

(2) হাইড্রোজেনের দহনের ফলে যে পদার্থ (অর্থাৎ জল) উৎপন্ন হয়, উহা লিটমাস দ্রবণ (লাল বা নীল) বা চুনের জলের সহিত কোন বিক্রিয়া করে না।

(3) হাইড্রোজেন উত্তপ্ত প্যালেডিয়ম দ্বারা সম্পূর্ণরূপে শোষিত হয়।

হাইড্রোজেনের ব্যবহার :

(1) হাইড্রোজেন লঘূতম পদার্থ বলিয়া উহা আকাশ-পোত ও বেলুন উড্ডয়নের কার্যে ব্যবহার করা হয়।

(2) অক্সিজেনের সহিত হাইড্রোজেন মিশ্রিত করিয়া দহন করিলে তীব্র উত্তাপ উৎপন্ন হয়। এই 'অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা' (Oxy-Hydrogen flame) ধাতু গলানো ও ঝালাইয়ের (welding) কার্যে ব্যবহৃত হয়।

অক্সি-হাইড্রোজেন শিখা একটি চুনের খণ্ডের উপর প্রতিহত হইলে, তীব্র আলোক উৎপন্ন হয়। এই আলোককে লাইম-লাইট (lime light) বলা হয়। যেখানে বৈদ্যুতিক-আলোক উৎপাদন করিবার সুযোগ নাই, সেখানে তীব্র-আলোকের উৎসরূপে লাইম লাইট ব্যবহার করা হয়।

(3) তৈল ও স্নেহজাতীয় পদার্থকে (fats and oils) বর্ণহীন, গন্ধহীন ও কঠিন করার জন্য হাইড্রোজেন ব্যবহার করা হয়।

উদ্ভিজ্জ তৈলের মধ্যে উপযুক্ত অবস্থায় হাইড্রোজেন চালনা করিলে উহা কঠিনাকার ধারণ করিয়া কৃত্রিম ঘৃত উৎপাদন করে। আমাদের দেশে বহু-ব্যবহৃত 'দালদা-ঘৃত' এইরূপেই প্রস্তুত হয়।

(4) হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, মিথাইল অ্যালকোহল, অ্যামোনিয়া, কৃত্রিম পেট্রল প্রভৃতি উৎপাদনের জন্য বহু পরিমাণে হাইড্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

তৃতীয় অধ্যায়

জল

(Water)

আণবিক সংকেত—H_2O আণবিক ভার—18, বাষ্পঘনত্ব—9, আপেক্ষিক গুরুত্ব—1

পূর্ব কথা :

পূর্বে জলকে একটি মৌলিক পদার্থ বলিয়া অনুমান করা হইত। 1781 খ্রীষ্টাব্দে বৈজ্ঞানিক **ক্যাভেণ্ডিশ** হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন মিশ্রে অগ্নিস্ফুলিংগের সাহায্যে বিস্ফোরণ ঘটাইয়া জল উৎপাদন করেন ও প্রমাণ করেন যে জল একটি যৌগিক পদার্থ। 1783 খ্রীষ্টাব্দে **ল্যাভোয়াসিয়েও** ক্যাভেণ্ডিশের অনুরূপ পরীক্ষা করিয়া একইরূপ ফল পান এবং জলের যৌগিকত্ব প্রমাণ করেন ; উপরন্তু ল্যাভোয়াসিয়ে একটি রক্ততপ্ত বন্দুকের নলের মধ্য দিয়া জলীয়বাষ্প চালনা করিয়া 'ম্যাগনেটিক অক্সাইড অব আয়রন' ও হাইড্রোজেন গ্যাস পান এবং এইরূপে জল যে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যৌগিক তাহা নিশ্চিতরূপে প্রমাণ করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

পৃথিবীর তিনভাগ জল ও একভাগ স্থল। অতএব আয়তন অনুপাতে পৃথিবীতে জলের পরিমাণ বিপুল। মানবদেহের শতকরা 60-70 ভাগ জল। এই জল কঠিন, তরল, বা বায়বীয় রূপে প্রকৃতিতে বর্তমান থাকে।

কঠিন রূপে—বরফ, তুষার ও কেলাস জল ;

তরল রূপে—সাধারণ জল ;

বায়বীয় রূপে—বায়ুস্থ জলীয় বাষ্প।

প্রাকৃতিক জল ও উহার শ্রেণীবিভাগ :

বিশুদ্ধ জল প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। উৎস অনুপাতে জলে নানা কলুষ পদার্থের সমাবেশ ঘটিয়া থাকে।

ধর্ম অনুযায়ী বা কলুষ পদার্থের প্রকৃতি অনুযায়ী বা উৎস অনুযায়ী বা পেয়গুণ অনুযায়ী জলের বিভিন্ন শ্রেণীভাগ করা হইয়া থাকে। যেমন—

(ক) **উৎস-অনুযায়ী** জলকে—বৃষ্টিজল, ঝর্ণা-জল, নদী-জল, সমুদ্র জল ইত্যাদি রূপে বর্ণনা করা যায়।

(খ) **কলুষ পদার্থের প্রকৃতি অনুযায়ী** জলকে—স্বচ্ছ জল (frseh water), খনিজ জল (mineral water) ইত্যাদি রূপে বর্ণনা করা যায়।

(গ) **ধর্ম অনুযায়ী** জলকে—খরজল (hard water) বা মৃদুজল (soft water) রূপে বর্ণনা করা যায়।

(ঘ) **পেয়গুণ অনুযায়ী** জলকে – পেয়জল (potable water) ও অপেয়জল (non-potable water) রূপে বর্ণনা করা যায়।

উৎস ভেদে জলের শ্রেণীবিভাগ :

উৎস ভেদে জলকে সাধারণতঃ নিম্নোক্ত চারিটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়, যথা— বৃষ্টিজল, ঝর্ণা বা কুয়ার জল, নদীজল এবং সমুদ্রজল।

বৃষ্টিজলকে সাধারণতঃ প্রাকৃতিক জলের বিশুদ্ধতম রূপ বলিয়া গণ্য করা যায়। বৃষ্টিজলে সাধারণতঃ অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক ও নাইট্রাস অ্যাসিড, ধূলিকণাসহ অজৈব লবণ ও জৈব পদার্থসমূহ বর্তমান থাকিতে পারে। প্রথম পসলা বৃষ্টির পর পরবর্তী বৃষ্টিজল অধিকতর বিশুদ্ধ হয়।

ঝর্ণাজল ও কুয়ার জল : সচ্ছিদ্র মৃত্তিকাস্তরের মধ্য দিয়া ক্ষরিত হইয়া যে জল ভূগর্ভে জমে তাহাই ঝর্ণাজল ও কুয়ার জল রূপে পাওয়া যায়। এই স্বচ্ছ জলে ভাসমান কলুষ পদার্থ থাকে না, কিন্তু Ca, Mg, Na, K প্রভৃতির দ্রবণীয় লবণ থাকে। কোনো কোন প্রস্রবণের (ভারতবর্ষের রাজগীর, সীতাকুণ্ড প্রভৃতি অঞ্চলে) জল উষ্ণ ও উহাতে প্রভূত পরিমাণ গ্যাসীয় পদার্থ, যথা H_2S, CO_2 প্রভৃতি দ্রবীভূত থাকে।

নদীজল ও নির্ঝরিণীর জল সঞ্চিত বৃষ্টিজলের প্রবাহমান রূপ। প্রবাহিত হইবার কালে এই জলে মৃত্তিকা হইতে দ্রাব্য ও অদ্রাব্য, জৈব ও অজৈব বহু কলুষ পদার্থ মিশিয়া যায়।

সমুদ্রজলে সর্বাপেক্ষা অধিক কলুষ পদার্থ বর্তমান থাকে। এই কলুষ পদার্থের মধ্যে Na K, Ca ও Mg-এর ক্লোরাইড, সালফেট, কার্বনেট, ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণের পরিমাণ উল্লেখযোগ্য। সমুদ্রজলে দ্রবণীয় কলুষ পদার্থের পরিমাণ ·6% ইহার মধ্যে সাধারণ লবণের পরিমাণ 2·6% ; সেইজন্য সমুদ্রজল লবণাক্ত হয়।

কলুষ পদার্থের প্রকৃতি ভেদে জলের শ্রেণীবিন্যাস :

কলুষ পদার্থের পরিমাণ যে জল বেশী থাকে, সে জলকে **খনিজ জল** (mineral water) ও যে জলে স্বল্প পরিমাণ থাকে সে জলকে **স্বচ্ছ জল** (fresh water) বলা হয়।

যে সকল ঝর্ণাজলে অতিরিক্ত পরিমাণে কঠিন ও গ্যাসীয় পদার্থ বর্তমান থাকে, ঐ জলকে **খনিজ জল** বলা হয়। খনিজ-জলে NaCl দ্রবীভূত থাকিলে লবণাক্ত স্বাদ, $NaHCO_3$ দবীভূত থাকিলে ক্ষারস্বাদ ও $MgSO_4$ দ্রবীভূত থাকিলে তিক্তস্বাদ উৎপন্ন হয়। এইরূপ দ্রবীভূত CO_2, H_2S, $[Fe(HCO)_3]_2$, সিলিকেট প্রভৃতিও বিশেষ স্বাদ উৎপন্ন করে। ইহার মধ্যে কোনো কোনো জল স্বাস্থ্যের পক্ষে বিশেষ উপকারী বলিয়া বিবেচিত হয়।

পেয়জল ও অপেয়জল :

যে জলে বিশেষ কতকগুলি দ্রবণীয় পদার্থ (যথা Na, K, Ca ও Mg-এর লবণ) দ্রবীভূত থাকে, যাহা বর্ণহীন, স্বচ্ছ এবং জীবাণুমুক্ত তাহাকে **পেয়জল** হিসাবে গণ্য করা হয়।

যে জল বিস্বাদ, দূষিত ও ক্ষতিকর কলুষপদর্থযুক্ত, ঐরূপ জলকে **অপেয়জল** বলা হয়।

পানীয় জল ও উহার প্রস্তুতি :

পানীয় জলের বিশেষ কতকগুলি ধর্ম থাকা প্রয়োজন। ইহা স্বচ্ছ ও বর্ণহীন (অর্থাৎ ভাসমান কলুষপদার্থমুক্ত), জৈব পদার্থমুক্ত এবং জীবাণুমুক্ত হওয়া অবশ্য প্রয়োজন। উপরন্তু, পানীয় জলের একটি সুস্বাদ থাকা বাঞ্ছনীয়। এই স্বাদের জন্যই পানীয় জলে অল্প পরিমাণ বিশেষ কতকগুলি লবণ ও কার্বনডাই অক্সাইড দ্রবীভূত থাকা অবশ্য প্রয়োজন। এইগুলি জলের স্বাদুতা বৃদ্ধি করে ; তবে জলে লেড বা কপার লবণ দ্রবীভুত থাকিলে চলিবেনা। এইসব লবণে পুঞ্জীভূত (cumulative poison) বিষক্রিয়া সৃষ্টি করে। এইসব লবণ শরীরে ধীরে ধীরে জমিয়া মারাত্মক হয়। জলে নাইট্রেট লবণ বা অ্যামোনিয়ার উপস্থিতি, জলের সহিত নর্দমা বা পচমান আবর্জনার সংযোগের ইঙ্গিত বহন করে ; সুতরাং সেইজল অপেয়। এই গুণাগত বৈশিষ্ট্যের জন্যই ঝর্ণা বা কুয়ার বা নদীর জল পানোপযোগী, কিন্তু অতি বিশুদ্ধ পাতিত জল বা বৃষ্টিজল স্বাদহীন বলিয়া পানোপযোগী নয়।

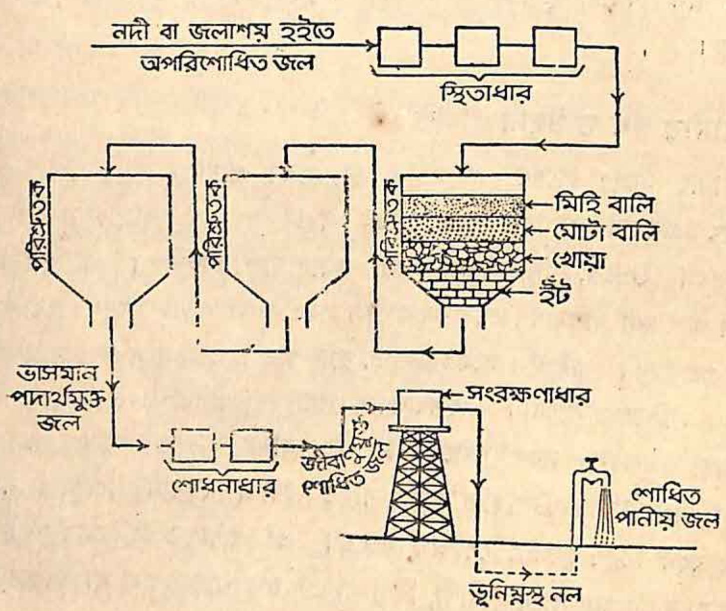
(ক) জল হইতে ভাসমান কলুষ পদার্থ অপসারণ (removal of suspended impurities) ও (খ) জীবাণুশূন্য (sterilisation) করিয়া শোধন করার পর প্রাকৃতিক জল পানোপযোগী করা হয়।

শহরের পানীয় জল ও উহার শোধন প্রণালী ঃ

বড় বড় শিল্পাঞ্চল ও শহরগুলিতে, যেখানে বহু লোক একত্রে বাস করে, সেই সকল স্থানে পানীয় জল সরবরাহ নাগরিক স্বাস্থ্যের পক্ষে বিশেষ প্রয়োজনীয়।

শহরে পানীয় জলের সরবরাহে যে উপায় ও শোধন প্রণালী অনুসৃত হয়, উহাকে প্রধানতঃ দুইটি অংশে ভাগ করা হয়—(১) ভাসমান কলুষ পদার্থ হইতে জলের শোধন এবং (২) জীবাণু মুক্ত করণ।

শহরের শোধিত পানীয় জলের জন্য প্রথমতঃ কোনো নিকটবর্তী নদী (কলিকাতার ক্ষেত্রে গঙ্গানদী) নির্বাচন করিয়া ঐ নদী হইতে পাম্পের সাহায্যে জল কতকগুলি বৃহৎ আধারে সঞ্চয় করা হয়। ঐ আধারগুলিকে **স্থিতাধার** (Settling tanks) বলা হয় ও এইগুলি একটির নীচে আরেকটি এরূপভাবে নির্মিত যেন প্রথম আধার পূর্ণ হইলে জল উপ্‌চাইয়া দ্বিতীয় আধারে ও দ্বিতীয় হইতে অনুরূপভাবে তৃতীয়েও এইরূপে চালিত



চিত্র—৯ শহরে পানীয় জল সরবরাহ

হইতে থাকে। এই আধারগুলিতে জলে অদ্রাব্য, গুরুভার কাদামাটি, বালি প্রভৃতি কলুষ পদার্থের অনেকাংশ নীচে থিতাইয়া পড়ে ও উপরের অংশের জল স্বচ্ছতর হইতে থাকে। কোনো কোনো ক্ষেত্রে, স্থিতাধারের মধ্যে লৌহজালে বদ্ধ ফটকিরির বড় বড়

খণ্ড রাখা হয় ; ইহার ফলে, থিতান (sedimentation)-প্রক্রিয়াটি দ্রুততর ও অধিকরূপে সম্পূর্ণ হয়। স্থিতাধার হইতে আংশিক শোধিত জল পাম্পের সাহায্যে একটি ঢালু মেঝের উপর চালনা করা হয়। এই সময়ে অশোধিত জল 'সূর্যালোক ও বায়ুর সংযোগে' (aeration) আংশিকরূপে জীবাণু মুক্ত হইয়া থাকে। এই জল তখন **'পরিস্রুতক আধারে'** (filter-beds) লওয়া হয়।

প্রতিটি পরিস্রুতকের মধ্যে ক্রমোপরি সজ্জায় ইট, খোয়া, মোটা বালি ও মিহি বালির স্তর থাকে। উপর হইতে অস্বচ্ছ, অশোধিত জল প্রবেশ করিয়া এইসব স্তরের মধ্য দিয়া নীচে চুঁয়াইয়া যাইবার কালে পরিস্রুত ও ভাসমান কলুষপদার্থমুক্ত হইয়া থাকে। এই শোধিত জল স্বচ্ছ ও ভাসমান কলুষ পদার্থ হইতে মুক্ত হইলেও ইহা জীবাণুমুক্ত নয় বলিয়া পানোপযোগী নয়।

এই জল তখন বিশেষ কতকগুলি আধারে রাসায়নিক বা অন্য কোন উপায়ে জীবাণুমুক্ত করা হয়। পরে এই বিশুদ্ধ জীবাণুমুক্ত পানোপযোগী জল শহরের মধ্যবর্তী কোনো স্থলে একটি উচ্চ আধারে সঞ্চিত করা হয় এবং ঐ উচ্চ আধার হইতে প্রয়োজন মত ভূনিম্নস্থ পাইপের সাহায্যে শহরের বিভিন্ন স্থানে পৌছাইয়া দেওয়া হয় (চিত্র, 13)।

জল ফুটাইয়া, জলে অতিবেগুনী রশ্মি প্রয়োগ প্রভৃতি ভৌত প্রণালীর সাহায্যে জল শোধন করা হয়।

ফটকিরি, ফেরো অ্যালাম, চুন, সোডিয়াম কার্বনেট প্রভৃতি ব্যবহার করিয়া কিংবা ওজোন, পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেট, ক্লোরিণ, ব্লিচিং পাউডার প্রভৃতি জারক পদার্থ যোগ করিয়া জলের জীবাণু ও জৈব পদার্থগুলির জারণ ঘটিয়া জল জীবাণুশূন্য করা হয়।

প্রাকৃতিক জলের ব্যবহার ঃ

প্রাকৃতিক জল সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয়—

(১) পানীয়রূপে, (২) বয়লার চালনার জন্য, (৩) ধৌতি ও অন্যান্য প্রয়োজনে, (৪) ফোটোগ্রাফী ও ঔষাধাদি প্রস্তুতির জন্য, (৫) রাসায়নিক কারখানার যন্ত্রপাতি চালনা ও শীতলীকরণের কার্যে, (৬) রাসায়নিক পরীক্ষাগারে বিশ্লেষণ ও অন্যান্য কার্যে, (৭) কৃষিক্ষেত্রের সেচের জন্য ও (৮) দ্রাবকরূপে।

বয়লার চালনার জন্য যে জল প্রয়োজন হয় তাহা অশোধিত ও অতিরিক্ত কলুষপদার্থযুক্ত হইলে, সেই জল উত্তপ্ত করিবার কালে বয়লারের মধ্যে 'স্তর' (scale) জমে ; 'স্তর'-জমা নানাকারণে অবাঞ্ছনীয়। ইহাতে বয়লারের কার্যকাল কমিয়া যায় ও বিপদ ঘটিবারও সম্ভাবনা থাকে। এজন্য বয়লারের জল শোধন করিয়া বা স্তরধ্বংসী

(anti-incrustrators) পদার্থসহ ব্যবহার করা প্রয়োজন; বয়লারের জল মৃদুজল (soft-water) হওয়া বাঞ্ছনীয়।

রাসায়নিকরূপে বিশুদ্ধ জলের প্রস্তুতি :

কতকগুলি বিশেষ রাসায়নিক কার্যের জন্য অতি বিশুদ্ধ জল বা **অতিপাতিত জল (Conductivity water)** প্রয়োজন হইয়া থাকে।

পরীক্ষাগারে রাসায়নিক কার্যের জন্য সাধারণ পাতিত জলই ব্যবহার হয়। কোনো পাতন-যন্ত্রে সাধারণ জল লইয়া উহাকে পাতিত করিয়া **পাতিত জল (distilled-water)** প্রস্তুত করা হইয়া থাকে।

সাধারণতঃ পাতিত জলে CO_2 ও অন্যান্য গ্যাসীয় পদার্থ দ্রবীভূত থাকে। CO_2-মুক্ত, অতি-পাতিত জল প্রস্তুতের জন্য প্রথমতঃ পাতিত জলের মধ্যে Cl_2 গ্যাস চালনা করা হয় ও পরে অতিরিক্ত Cl_2 গ্যাস দূরীভূত করা হয়। এই জল তখন একটি কাচনির্মিত ফ্লাস্ক ও কাচের শীতকযুক্ত একটি পাতন যন্ত্রে কিছু $KMnO_4$ ও KOH মিশ্রিত করিয়া পাতন করা হয় এবং পাতিত জলকে সোডা-লাইমপূর্ণ রক্ষী-নলযুক্ত একটি গ্রাহকে সংগ্রহ করা হয়। পাতন-কালে, প্রথমাংশে ও শেষাংশে যে পাতিত জল উৎপন্ন হয়, উহা পরিত্যাগ করিয়া মধ্য সময়ে যে জল পাতিত হইয়া সংগৃহীত হয়, উহাই অতি-বিশুদ্ধ বা **অতি-পাতিত জল**।

খরজল ও মৃদু জল (Hard-water and soft-water) :

প্রাকৃতিক জলে কলুষ পদার্থের প্রকৃতি ও পরিমাণ অনুযায়ী দুই শ্রেণীর জল লক্ষ্য করা যায়; ইহাদের **খরজল ও মৃদুজল** বলা হয়।

যে জলে সাবান সহজে ফেনা উৎপন্ন করে, সে জলকে **মৃদু জল** (soft-water) ও যে জলে সাবান সহজে ফেনা উৎপন্ন করে না বা বহু সাবান ক্ষয় হইবার পর ফেনা উৎপন্ন হয়, সে জলকে **খরজল** (hard water) বলা হয়।

[সাবান পামিটিক, ওলিক প্রভৃতি স্নেহজাতীয় জৈব অ্যাসিডের সোডিয়াম বা পটাশিয়াম লবণ।

সাবানের সহিত মৃদুজল যোগ করিলে সাবানের আর্দ্র-বিশ্লেষণ ঘটিয়া পুনরায় কষ্টিক সোডা ও পামিটিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়; উৎপন্ন পামিটিক অ্যাসিড আর এক অণু সোডিয়াম পামিটেটের সহিত সংযুক্ত হইয়া জলের সহযোগে 'ফেনা' (lather) উৎপন্ন করে।

সোডিয়াম পামিটেট + H_2O = NaOH + পামিটিক অ্যাসিড
পামিটিক অ্যাসিড + সোডিয়াম পামিটেট + জল = সাবানের ফেনা

খরজলের মধ্যে Ca ও Mg লবণ বর্তমান থাকায়, উহাদের সহিত সাবান যোগ করিলে অদ্রাব্য Ca ও Mg পামিটেট লবণ উৎপন্ন হয় ; ফলে অদ্রাব্য অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হইয়া সাবান অযথা ক্ষয় হইতে থাকে এবং যতক্ষণ সমস্ত Ca ও Mg লবণ অদ্রাব্য অধঃক্ষেপরূপে পরিণত না হয় ততক্ষণ সাবান ফেনা উৎপন্ন করিতে পারে না।

সোডিয়াম পামিটেট + $CaCl_2$ = ক্যালসিয়াম পামিটেট + 2NaCl]

খরতার কারণ ঃ

প্রাকৃতিক জলে কতকগুলি অনুদ্বায়ী (non-volatile), দ্রাব্য কলুষপদার্থ থাকে। এই কলুষপদার্থগুলি সাধারণতঃ ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম, কখনও কখনও আয়রন প্রভৃতি ধাতুর দ্রাব্য লবণ, যথা ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম বাইকার্বনেট, ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম ক্লোরাইড, এবং ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম সালফেট থাকে। উপরোক্ত লবণগুলি জলে দ্রবীভূত থাকিলে, জল খর হইয়া থাকে।

অস্থায়ী ও স্থায়ী খরতা (Temporary and Permanent Hardness) :

খরতা দুই প্রকারের ঃ (i) অস্থায়ী খরতা ও (ii) স্থায়ী খরতা।

ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম বাইকার্বনেটের, যে-কোনোটি, অথবা উভয়েই জলে দ্রবীভূত থাকিয়া যে খরতা উৎপাদন করে, ঐ খরতা সহজেই স্ফুটন প্রভৃতির দ্বারা, বিদূরীত করা সম্ভব বলিয়া ঐ জাতীয় খরতাকে **অস্থায়ী খরতা** (Temporary hardness) বলা হয়।

ক্যালসিয়ম বা ম্যাগনেসিয়মের ক্লোরাইড বা সালফেট লবণ জলে দ্রবীভূত থাকিলে জলে যে খরতা উৎপন্ন হয়, বিশেষ প্রক্রিয়া ভিন্ন ঐ খরতাকে সহজে দূর করা যায় না, ঐরূপ খরতাকে **স্থায়ী খরতা** বলা হয়।

খরজল ও মৃদুজলের তুলনামূলক উপযোগিতা ঃ

মৃদুজল—(১) বয়লারে ব্যবহার করিলে বয়লারে খরজলের ন্যায় কোন স্তর (scale) উৎপন্ন করে না, ফলে বয়লার অল্প খরচে চালান যায়, এবং বিস্ফোরণের সম্ভাবনাও থাকে না ; (2) ধৌতি কার্যে খরজলের পরিবর্তে মৃদুজল ব্যবহার করিলে অল্প সাবানে ধৌতি-কার্য সম্পন্ন হয় ; (3) রন্ধনাদি কার্যে খরজলের পরিবর্তে মৃদুজল ব্যবহার করিলে খাদ্য-দ্রব্যাদি সহজে পাক হইয়া থাকে।

খরজল—(1) পানীয় জলরূপে ব্যবহার বাঞ্ছনীয়, মৃদুজলের তুলনায় খরজলে যে দ্রাব্য লবণগুলি থাকে উহা দেহ-গঠনে বিশেষ উপযোগী ; (2) খরজল সীসা-নির্মিত সরবরাহ পাইপের মধ্য দিয়া চালনা করিলে মৃদুজলের তুলনায় অতি অল্পই বিষাক্ত সীসককে দ্রবীভূত করে, এবং চালিত জল বিশুদ্ধতর রূপে পাওয়া যায়।

খরতা দূরীকরণ :

জলে দ্রাব্য Ca ও Mg লবণ থাকার জন্যই জলে খরতা উৎপন্ন হয়। যে-কোনো প্রণালীতে, এই দ্রাব্য লবণগুলিকে অদ্রাব্যরূপে পরিবর্তিত করিলেই জলের খরতা দূরীভূত হইয়া থাকে।

অস্থায়ী খরতা দূরীকরণ (Removal of Temporary hardness) :

স্ফুটন :

অস্থায়ী খরজলকে স্ফুটন করিলে, উহা মৃদুজলে পরিণত হয়। অস্থায়ী খরতার কারণ, জলে ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম বাইকার্বনেট দ্রাব্যরূপে থাকে ; স্ফুটনের ফলে ঐ দ্রাব্য লবণগুলি অদ্রাব্য কার্বনেটে পরিণত হয় ও থিতাইয়া পড়ে। এইরূপে ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম লবণগুলি জল হইতে পৃথক হওয়ায় খরতা দূরীভূত হইয়া থাকে।

$$\underset{\text{দ্রাব্য}}{Ca(HCO_3)_2} = \underset{\text{অদ্রাব্য}}{CaCO_3} + H_2O + CO_2$$

$$Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 + H_2O + CO_2$$

ক্লার্ক প্রণালী (Clark's Process) :

এই প্রণালীটির দ্বারা কেবলমাত্র অস্থায়ী খরতা বিদূরিত হয়। এই প্রণালীতে জলের সহিত পরিমিত পরিমাণে চূণ—চূণের জল বা মিল্ক অব লাইম রূপে যোগ করা হয় ; ফলে ক্যালসিয়াম ও ম্যাগনেসিয়ম বাইকার্বনেট, অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়ম কার্বনেটে অধঃক্ষিপ্ত হয় এবং জলের খরতা দূরীভূত হয়। কোক বা বালি স্তরের মধ্য দিয়া ফিল্টার করিয়া অধঃক্ষেপ দূর করা যায়।

$$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + 2H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 + 2Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 + Mg(OH)_2 + 2H_2O$$

চূণের পরিমাণ পরিমিত হওয়া বাঞ্ছনীয় ; অন্যথায় প্রয়োজনের অতিরিক্ত চূণ মিশাইলে জলের খরতা বৃদ্ধি পায়।

স্থায়ী খরতা দূরীকরণ (Removal of Permanent hardness) :

সোডাপ্রণালী (Soda Process) :

স্থায়ী খরজল পূর্বোক্ত প্রণালীতে মৃদু করা যায় না। স্থায়ী খরজলকে মৃদুজলে পরিণত করার জন্য উহাকে সোডিয়ম কার্বনেটসহ ফুটাইতে হয় ; ফলে দ্রাব্য ক্যালসিয়ম ও ম্যাগনেসিয়মের লবণ অদ্রাব্য কার্বনেটে রূপান্তরিত হয় এবং খরতা দূরীভূত হয়।

$$CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$$

$$MgSO_4 + Na_2CO_3 = MgCO_3 + Na_2SO_4$$

স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয়বিধ খরতার যুগপৎ অপসারণ :

স্থায়ী ও অস্থায়ী খরতা একই সঙ্গে দূর করিবার জন্য (i) **লাইম-সোডা পদ্ধতি,** (ii) **পারমুটিট পদ্ধতি,** (iii) **ক্যালগন পদ্ধতি** প্রভৃতি ব্যবহার করা হয়।

লাইম-সোডা পদ্ধতি : পরিমিত অনুপাতে চুন ও সোডিয়ম কার্বনেট মিশ্রণ খরজলের সহিত মিশাইলে দ্রবীভূত Ca ও Mg লবণ যথাক্রমে কার্বনেট ও হাইড্রক্সাইড রূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় ; ফলে উভয়বিধ ক্ষরতা দূর হয়।

$$MgCl_2 + Ca(OH)_2 + Na_2CO_3 = Mg(OH)_2 + CaCO_3 + 2NaCl.$$

পারমুটিট প্রণালী (Permutit Process) :

খরজলকে মৃদুজলে পরিণত করার যে বিভিন্ন প্রণালী অনুসৃত হয়, তন্মধ্যে এই প্রণালীটিই সর্বোৎকৃষ্ট। এই প্রণালীর সাহায্যে স্থায়ী ও অস্থায়ী উভয় প্রকার খরজলই মৃদু হইয়া থাকে। এই প্রণালীটি বৈজ্ঞানিক গ্যান (Gan) কর্তৃক প্রথম উদ্ভাবিত হয় বলিয়া এই প্রণালীকে **'গ্যানের পারমুটিট প্রণালী'ও** (Gan's Permutit Process) বলা হইয়া থাকে।

ইংরাজী 'পারমুটিট' কথাটির অর্থ 'বিনিময়'। প্রাকৃতিক বা কৃত্রিম **জিওলাইট** (Zeolites) শ্রেণীর কতকগুলি যৌগের একটি বিশেষ ধর্ম এই যে উহাদের সহিত ধাতব লবণ বর্তমান কোনো জলের সংযোগ ঘটিলে ঐ লবণগুলির ধাতব অংশসমূহের (bases) সহিত জিওলাইটের ধাতব অংশের বিনিময় ঘটে। জিওলাইট একাধিক ধাতব সিলিকেটের সোদক জটিল যৌগ ; উহাদের সাধারণ সংকেত : Na_2O, R_2O_3, $3SiO_2$, H_2O। প্রাকৃতিক বা কৃত্রিম সোদক সোডিয়ম অ্যালুমিনিয়ম সিলিকেটেই (Hydrated SodiumAluminium-silicate) সাধারণতঃ 'পারমুটিট' নামে অভিহিত

হয়, ও উহাও বিনিময় ধর্ম-সম্পন্ন। উহার সংকেত Na_2O, Al_2O_3, $3SiO_2$, $2H_2O$; সংক্ষিপ্ত সংকেত Na_2P

পারমুটিটের মধ্য দিয়া খরজল চালনা করিলে খরজলস্থিত দ্রাব্য Ca ও Mg লবণগুলি অদ্রাব্য-পারমুটিট লবণে রূপান্তরিত হইয়া থাকে ও অবশিষ্ট জল Na-লবণযুক্ত হইয়া মৃদুজলে পরিণত হয়।

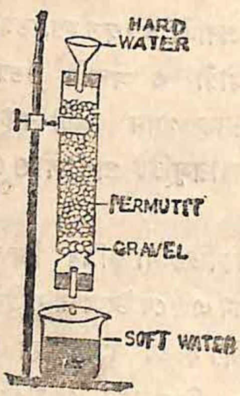
সোডিয়ম পারমুটিট + Ca লবণ = Ca − পারমুটিট + Na লবণ

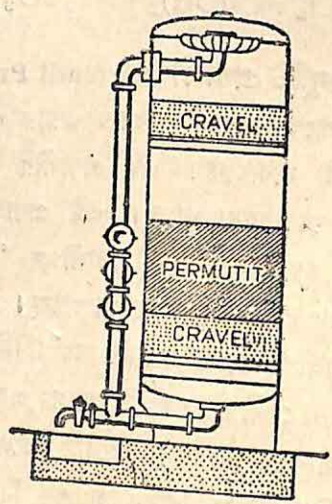
সোডিয়ম পারমুটিট + Mg লবণ = Mg − পারমুটিট + Na লবণ

এইরূপে বারংবার খরজলের সান্নিধ্যে যখন পারমুটিট স্তর সম্পূর্ণরূপে অদ্রাব্য Ca বা Mg-পারমুটিটে রূপান্তরিত হয়, তখন উহার সাহায্যে আর খরতা দূর করা যায় না। উহাকে পুনরায় কার্যোপযোগী করিতে হইলে ঐ স্তরের মধ্য দিয়া গাঢ় লবণের দ্রবণ চালনা করিলে বিপরীত ক্রিয়া ঘটে ও নিষ্ক্রিয় পারমুটিট-স্তর পুনরায় Na-যুক্ত হইয়া সক্রিয় উঠে।

Ca-পারমুটিট + 2NaCl = Na_2-পারমুটিট + $CaCl_2$

Mg-পারমুটিট + 2NaCl = Na_2-পারমুটিট + $MgCl_2$





চিত্র ১০—পারমুটিট প্রণালীতে খরজলকে মৃদুজলে পরিণতকরণ

পারমুটিট প্রণালীতে খরজলকে মৃদুজলে পরিণত করার জন্য বিশেষ একপ্রকার যন্ত্র ব্যবহৃত হয় (চিত্র ১০) ; যন্ত্রটিতে একটি লম্বা পাত্রের মধ্যে দুইটি নুড়ির স্তরের মধ্যে

একটি পারমুটিটের স্তর বিস্তৃত থাকে ; উপর হইতে খরজল যন্ত্রটিতে প্রবেশ করে ও পারমুটিট-স্তরের মধ্য দিয়া ঐ জল ক্ষরিত হইবার কালে মৃদুজলে পরিণত হয় ও নিম্নের গ্রাহক-পাত্রে সংগৃহীত হয়। নির্দিষ্ট সময় পর যন্ত্রটিতে খরজল চালনা বন্ধ করিয়া উল্টাদিক হইতে ২/১ মিনিট জল চালনা করা হয় ও পরে 10% NaCl-দ্রবণ ধীরে ধীরে চালনা করা হয়। সর্বশেষে আবার জলচালনা করা হয়। এইরূপে পারমুটিট-স্তরটি পুনরায় ব্যবহারযোগ্য করিয়া লওয়া হয়। এখন পূর্বের ন্যায় খরজল চালনা ও মধ্যে মধ্যে পারমুটিট-স্তরের পরিশোধন ক্রমান্বয়ে চলিতে থাকে।

আয়ন বিনিময়কারী রেজিন (Ion Exchange Resin) :

বর্তমানে H^+ ও OH^- সমন্বিত কতকগুলি আঠা জাতীয় জৈব পদার্থের (পারমুটিটের ন্যায়) আবিষ্কৃত হইয়াছে। তাহাদের বলা হয় রেজিন। খরতা সৃষ্টিকারী ধাতুসমূহ রেজিনের সহিত বিনিময় প্রক্রিয়ায় দূরীভূত হইয়া যায়। লবণের অম্লীয় অংশেরও বিনিময় ঘটে।

$$\underset{\text{রেজিন}}{H_2{}^+-R^-}+\underset{\text{দ্রাব্য}}{CaX_2}=\underset{\text{অদ্রাব্য}}{Ca-R}+2HX\,;\quad 2R^-H^++Ca^{++}\rightarrow CaR_2+2H^+$$

$$R^-H^++Na\rightarrow NaR+H^+$$

$$\underset{\text{রেজিন}}{R-OH}+\underset{\text{দ্রাব্য}}{H-X}=\underset{\text{অদ্রাব্য}}{R-X}+H_2O\,;\quad ROH+Cl^-\rightarrow RCl+OH^-$$

$$H^++OH^-\rightarrow H_2O$$

দুই শ্রেণীর রেজিনের মধ্য দিয়া খরজল ক্রমান্বয়ে পরিচালনা করিলে জলে ক্যাটায়নরূপে একমাত্র H^+ ও অ্যানায়নরূপে OH^- অবশিষ্ট থাকে। পরিশেষে জল বিশুদ্ধ ও মৃদু হইয়া যায়।

ক্যাটায়ন বিনিময়ী পাত্র হইতে বাহির হইয়া আসার পর জলে H^+ আয়ন ছাড়াও $SO_4{}^{2-}$, $CO_3{}^{2-}$, OH^-, Cl^- প্রভৃতি অ্যানায়ন থাকে। এখন জল OH^- আয়ন যুক্ত অ্যানায়ন-বিনিময়ী রেজিনের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। জলের অ্যানায়নের সঙ্গে রেজিনের OH^- আয়নের বিনিময় ঘটে। $R^+OH^- + Cl^- \rightarrow RCl+OH^-$

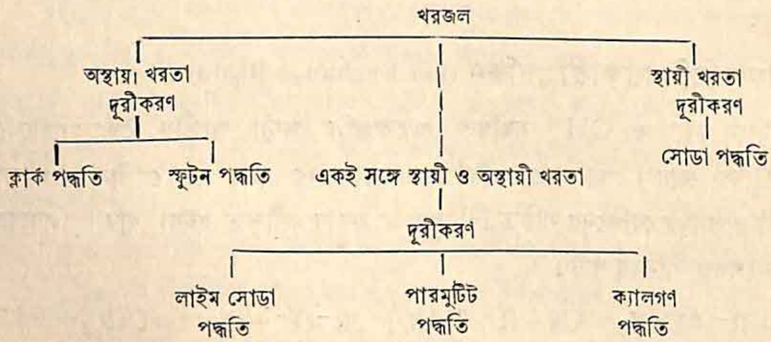
জল হইতে এইভাবে ক্যাটায়ন ও অ্যানায়ন আয়ন মুক্ত হয়। মুক্ত H^+ ও OH^- মিলিয়া জল গঠন করে।

কিছুক্ষণ ব্যবহারের পর ক্যাটয়ন ও অ্যানায়ন বিনিময়ী স্তরকে যথাক্রমে লঘু H_2SO_4 ও লঘু NaOH দ্রবণ সাহায্যে পুনরুজ্জীবিত করিয়া লওয়া হয়।

অন্যান্য প্রণালী ঃ

উপরোক্ত প্রণালীগুলি ব্যতীত খরজলের সহিত—অ্যামোনিয়া, NaOH, বোরাক্স (Borax), ট্রাইসোডিয়ম ফসফেট প্রভৃতি যোগ করিয়া উহাকে মৃদুজলে পরিণত করা যায়।

বর্তমানে সোডিয়ম হেক্সামেটা ফসফেট (ক্যালগন প্রণালী), EDTA প্রভৃতির সাহায্যেও খরজল মৃদু করা হয়। Ca ও Mg লবণ উহাদের সহিত জটিল যৌগ সৃষ্টি করিয়া থাকে।



জলের ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম ঃ

১। বিশুদ্ধ অবস্থায় ও সাধারণ উষ্ণতায় জল একটি স্বচ্ছ, বর্ণহান তরল পদার্থ। অগভীর স্তরে জল বর্ণহীন হইলেও গভীর স্তরের মধ্য দিয়া জলের একটি নীলাভ-সবুজ বর্ণ প্রতীয়মান হয়।

২। জল একটি উদ্‌বায়ী তরল পদার্থ এবং সকল উষ্ণতায়ই জল বাষ্পে রূপান্তরিত হয়। উত্তাপ সহযোগে সম্পূর্ণ বাষ্পীভবন করিলে বিশুদ্ধ জলের কোনো কঠিন অবশেষ থাকে না।

৩। 4°C উষ্ণতায়, বিশুদ্ধ জলের ঘনত্ব 1 ; বিশুদ্ধ জলের স্ফুটনাংক 100°C বা 212°F (প্রমাণ-চাপে), এবং হিমাংক 0°C বা 32° F।

জল তাপ সুপরিবাহী নয় ; শীতল করিলে জলের আয়তনের ক্রমশঃ সংকোচন ঘটিতে থাকে এবং 4°C পর্যন্ত এই সংকোচন ঘটে। এই উষ্ণতায় জলের ঘনত্ব সর্বাধিক, কারণ এই উষ্ণতার অধিক-উষ্ণতায় উত্তপ্ত বা এই উষ্ণতার স্বল্প-উষ্ণতায় শীতল করিলে উভয়ক্ষেত্রেই জলের প্রসারণ ঘটে। 4°C উষ্ণতায় 1 ঘন সেন্টিমিটার জলের ওজনকে 1 গ্রাম ধরিয়া লইয়া, ইহাকে গ্রামের ওজনের এককরূপে ব্যবহার করা

হয়। জল জমিলে আয়তনে বাড়ে অর্থাৎ বরফের ঘনত্ব জলের ঘনত্ব অপেক্ষা কম। সেইজন্য বরফ জলে ভাসে।

জলের আপেক্ষিক তাপ, গলন বা বাষ্পের লীন তাপ, স্ফুটনাঙ্ক, তাহার সদৃশ যৌগ সমূহ যথা H_2S, H_2Se অপেক্ষা অস্বাভাবিক ভাবে বেশী, কারণ জল একটি সংযোজিত তরল (associated liquid)। জলের একাধিক অণু $(H_2O)_2$, $(H_2O)_3$ ইত্যাদি হাইড্রোজেন বন্ধনী দ্বারা আবদ্ধ হইয়া সংযোজিত থাকে।

জলের দ্রাবণী-শক্তি (Solvent action of water) :

জল একটি সুপরিচিত ও উত্তম দ্রাবক ; বহু পদার্থই বিভিন্ন উষ্ণতায় জলে দ্রাব্য হইয়া থাকে। বিভিন্ন অম্ল, ক্ষার ও লবণের জলে দ্রাব্যতা জলের দ্রাবণীশক্তির পরিচায়ক। জলের দ্রাবণী-শক্তির ফলে, বহু গ্যাসও জলে দ্রবীভূত হইয়া থাকে। এইরূপ দ্রবীভূত অক্সিজেন, মাছ প্রভৃতি জলজ-প্রাণী ও বহু জলজ উদ্ভিদের শ্বাসক্রিয়ার পক্ষে অপরিহার্য। জলের দ্রাবণীশক্তি না থাকিলে ও জলে দ্রবীভূত অক্সিজেন না থাকিলে, জলে প্রাণের অস্তিত্ব সম্ভব হইত না।

জলের পরাবিদ্যুৎ ধ্রুবক (dielectric constant) খুব বেশী (81) অর্থাৎ জলে তড়িৎযোজী যৌগের বিপরীত আধানযুক্ত আয়ন সমূহের আকর্ষণবল 81 গুণ হ্রাস পায় ; ফলে জলে তড়িদ্‌বিশ্লেষ্য (electrolyte) পদার্থই দ্রাব্য হইবার পর আয়নে (ion) বিভাজিত হয় ; সেজন্য জলকে 'আয়নকারী দ্রাবক' (ionising solvent) বলা হয়।

$HCl \rightleftharpoons H^+ + Cl^-$; $NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$; $KCl \rightleftharpoons K^+ + Cl^-$

স্বাভাবিক অবস্থায় জলের সামান্য মাত্রায় আয়নে বিয়োজন ঘটিয়া থাকে। 500 মিলিয়ন জলের অণুর মধ্যে গড়ে মাত্র একটি অণু আয়নিত হয় ; $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

কতকগুলি পদার্থ **জলে দ্রবণকালে তাপ-উৎপাদন** করিয়া দ্রাব্য হয় ; যথা —গাঢ় H_2SO_4, কঠিন NaOH, KOH প্রভৃতি। বিপরীত-ক্রমে কতকগুলি পদার্থ **জলে দ্রবণকালে তাপগ্রহণ** করিয়া থাকে ; যথা, NH_4Cl, NH_4CNS ইত্যাদি।

কেলাস জল : অনেক ক্ষেত্রে, বিভিন্ন রাসায়নিক পদার্থের অণুর সহিত জলের কতকগুলি অণু সংযুক্ত হইয়া সোদক-যৌগিক উৎপন্ন করে ; যথা $CuSO_4,5H_2O$; $FeSO_4,7H_2O$; $K_2SO,Al_2(SO_4)_3$, $24H_2O$ ইত্যাদি। এই সোদক যৌগিকগুলি অধিকাংশক্ষেত্রেই সুগঠিত কেলাস উৎপন্ন করে ও জলের অণুগুলিকে কেলাস-জল (water of crystallisation) বলা হয়। কেলাসের বর্ণ ও গঠন বহুক্ষেত্রেই

কেলাস-জলের উপর নির্ভরশীল। যেমন, $CuSO_4, 5H_2O$ হইতে উত্তাপে কেলাস জল দূরীভূত করিলে উহার নীলবর্ণ ও কেলাস-গঠন অন্তর্হিত হয় ও সাদা গুঁড়ায় পরিণত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

জল একটি প্রশম অক্সাইড ; নীল এবং লাল-লিটমাস উভয়ের উপরই ক্রিয়াহীন।

জলের সহিত বিভিন্ন ধাতুর বিক্রিয়া ঃ

(ক) Na, K, Ca প্রভৃতি ধাতু জলের সহিত **সাধারণ উষ্ণতায়** বিক্রিয়া করিয়া ধাতব হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে। Na ও K-এর ক্ষেত্রে, বিক্রিয়াটি অতি তীব্র ও দ্রুত হয় ; উৎপন্ন হাইড্রোজেন বিক্রিয়াজাত তাপে জলিয়া উঠে ;

$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2 ;\quad Ca+2H_2O=Ca(OH)_2+H_2$$

(খ) ম্যাগনেসিয়ম, অ্যালুমিনিয়ম প্রভৃতি ধাতু **স্ফুটন উষ্ণতায়** জলকে বিশ্লিষ্ট করে এবং ধাতব হাইড্রক্সাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$Mg+2H_2O=Mg\ (OH)_2+H_2$$

(গ) রক্ত-তপ্ত লৌহ প্রভৃতি ধাতু, ষ্টিম উষ্ণতায় জলীয় বাষ্পকে বিশ্লিষ্ট করিয়া ধাতব অক্সাইড ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$3Fe+4H_2O=Fe_3O_4+4H_2$$

(ঘ) পারদ, স্বর্ণ, রৌপ্য, টিন, প্লাটিনম প্রভৃতি ধাতু সকল উষ্ণতায়ই জলের সহিত বিক্রিয়াহীন।

জলের সহিত বিভিন্ন অধাতুর বিক্রিয়া ঃ

কতকগুলি অধাতু, যথা—B, C, Si, P প্রভৃতি জলে অদ্রাব্য ও সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত বিক্রিয়াহীন। F_2 ব্যতীত অন্যান্য হ্যালোজেন সাধারণ উষ্ণতায় (Cl_2; Br_2, I_2) জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া দুইটি অম্ল উৎপাদন করে।

$$H_2O+X_2=HX+HOX \qquad (X=Cl,\ Br,\ I)$$

F অধাতুটি জলকে বিশিষ্ট করিয়া সামান্য ওজোন (O_3) সহ অক্সিজেন উৎপন্ন করে।

$$2H_2O+2F_2=4HF+O_2 ;\quad 3F_2+3H_2O=6HF+O_3$$

উত্তপ্ত C ও Si, জলীয় বাষ্পকে ষ্টীম-উষ্ণতায় বিশ্লিষ্ট করে ;

$$C+H_2O=CO+H_2 ;\ Si+3H_2O=H_2SiO_3+2H_2$$

জলের সহিত বিভিন্ন অক্সাইডের বিক্রিয়া ঃ

অধাতব-অক্সাইড জলের সহিত সংযুক্ত হইয়া অম্ল উৎপাদন করে, $SO_2+H_2O=H_2SO_3$; $SO_3+H_2O=H_2SO_4$; $P_2O_5+3H_2O=2H_3PO_4$

যে সকল অধাতব-অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ার দ্বারা অম্ল উৎপাদন করে, তাহাদিগকে **নিরুদক (anhydride)** বলা হয়।

ধাতব অক্সাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় ক্ষারক উৎপন্ন করে।

$$Na_2O+H_2O=2NaOH \; ; \; CaO+H_2O=Ca(OH)_2$$

অ্যামোনিয়ার সহিত জলের সংযোগেও ক্ষারক উৎপন্ন হয়,

$$NH_3+H_2O=NH_4OH$$

জলের সহিত অন্যান্য পদার্থের বিক্রিয়া ঃ

(ক) বহু জৈব পদার্থের সহিত জল কেবলমাত্র দ্রাবকরূপে ক্রিয়া করে ও দ্রবণের ফলে দ্রাব্য পদার্থের কোনো রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে না।

(খ) তড়িদ্-বিশ্লেষ্য পদার্থ যথা অম্ল, ক্ষারক বা লবণ প্রভৃতি জলে দ্রবীভূত হইয়া আয়নে বিয়োজিত হইয়া থাকে। যথা HCl, H_2SO_4 NaOH, KCl ইত্যাদি।

(গ) **নিরুদক লবণের (anhydrous salts)** সহিত জলের বিক্রিয়া ঘটিলে উহারা অনেকক্ষেত্রে **সোদক লবণে (hydrated salts)** পরিণত হয় ; এই সোদক-লবণগুলি কেলাস গঠন করিলে কেলাসগুলিকে **সোদক কেলাস (Crystallo hydrates)** বলা হয়। $CuSO_4 \rightarrow CuSO_4, 5H_2O$.

জলের অণুস্থিত অক্সিজেন পরমাণুতে একাধিক মুক্ত ইলেকট্রন জোড় বর্তমান ; ইহার সাহায্যে জল তড়িৎ ধনাত্মক বহু আয়নের সহিত যুক্ত হইয়া সোদক কেলাস গঠন করে।

(ঘ) কোনো কোনো লবণের সহিত জলের সংযোগে রাসায়নিক বিপরীবর্ত ক্রিয়া ঘটে ; এইরূপ ক্রিয়াকে **আর্দ্র-বিশ্লেষণ** বলা হয় ;

$$AlCl_3+3H_2O=Al(OH)_3+3HCl$$

$$C_{12}H_{22}O_{11}+H_2O=C_6H_{12}O_6+C_6H_{12}O_6$$

ইক্ষু শর্করা (সুক্রোজ) — দ্রাক্ষা-শর্করা (গ্লুকোজ) — ফল-শর্করা (ফ্রাক্টোজ)

জলের নিরীক্ষা :

(1) সাদা নিরুদক কপার সালফেটের সহিত কয়েকবিন্দু জল যোগ করিলে উহা নীলরঙ ধারণ করে।

(2) সদ্য-পোড়া (froshly burnt) কুইক্লাইম বা কলিচূণের সহিত জল যোগ করিলে উহাতে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয় ও কলিচূণ গুঁড়া হইয়া যায়।

(3) জলের সহিত একটুকরা পটাসিয়ম ধাতু যোগ করিলে উহা হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন জ্বলিয়া উঠে।

(4) সাধারণ চাপে জলের গলনাঙ্ক 0°C ও স্ফুটনাঙ্ক 100°C।

জলের সংযুতি

(Composition of water)

জলের সংযুতি নির্ধারণের জন্য বিভিন্ন প্রণালী অবলম্বিত হয়। নিম্নে প্রণালীগুলির শ্রেণী নির্দেশ করা হইল।

জলের সংযুতি নির্ধারণ প্রণালী

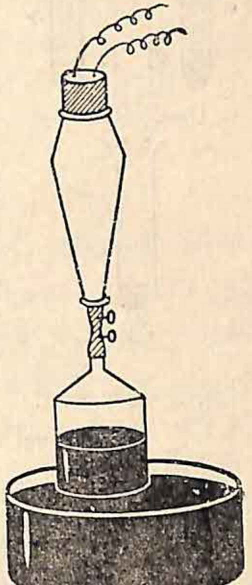
- বিশ্লেষণিক পদ্ধতি (Analytical methods)
  - **আয়তনমাত্রিক** — ভোল্টামিটারে জলের বিশ্লেষণ করিয়া।
  - **ওজনমাত্রিক** — রক্ততপ্ত লৌহের উপর স্টীম চালনা করিয়া।
- সংশ্লেষণিক পদ্ধতি (Synthetical methods)
  - **আয়তনমাত্রিক**
    - **১। ক্যাভেণ্ডিশ প্রণালী** — জলের আয়তনিক সংযুতি
    - **২। হফম্যানের প্রণালী** — স্টীমের আয়তনিক সংযুতি
  - **ওজনমাত্রিক**
    - **১। ডুমার প্রণালী**
    - **২। মর্লির প্রণালী**

জলের আয়তন মাত্রিক সংযুতি নির্ধারণ :—

ক্যাভেণ্ডিশের প্রণালী :

(ক) ক্যাভেণ্ডিশই সর্বপ্রথম জলের সংযুতি নির্ধারণ করেন। ক্যাভেণ্ডিশের আদি পরীক্ষায় যে যন্ত্র ব্যবহৃত হইয়াছিল উহার একটি চিত্র প্রদর্শিত হইল। (চিত্র, ১১)।

ক্যাভেণ্ডিশের যন্ত্রটি একটি ডিম্বাকৃতি গোলক ; গোলকটির মধ্যে দুইটি চাবি সংযুক্ত থাকে। প্রথমতঃ গোলকটি বায়ুশূন্য করিয়া উহাকে একটি কাঁচের বেলজারের সহিত যুক্ত করিয়া চাবিটি খুলিয়া দেওয়া হয়। বেলজারটির মধ্যে পূর্বেই জলের উপর সংগৃহীত 2 ভাগ হাইড্রোজেন ও 1 ভাগ অক্সিজেন থাকে। গোলকটিকে যুক্ত করিয়া চাবিটি খুলিয়া দিলে বেলজার হইতে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্র গোলকটিতে প্রবেশ করে। এখন সংযোগকারী চাবিটি বন্ধ করিয়া গোলকটির মধ্যে তার দুইটি দিয়া তড়িৎ চালনা করিলে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্র বিস্ফোরণ ঘটিয়া সংযুক্ত হয় ও জল উৎপন্ন করে ; উৎপন্ন জল ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার আকারে গোলকটির গাত্রে জমে। উৎপন্ন জলের আয়তন নগণ্য বলিয়া কার্যতঃ গোলকটি পূর্বের ন্যায় বায়ুশূন্য থাকে এবং সংযোগকারী চাবিটি উন্মুক্ত করিয়া পুনরায় কিছু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের মিশ্র লইয়া গোলকে পুনর্বার বিস্ফোরণ ঘটাইয়া জল উৎপন্ন করা হয়। ক্রমান্বয়ে এইরূপ করিবার পর গোলকে উল্লেখযোগ্য পরিমাণ জল সৃষ্ট হয়।



চিত্র, ১১—ক্যাভেণ্ডিশের প্রণালী

অতএব সিদ্ধান্ত করা যায়, 2 ভাগ হাইড্রোজেন ও 1 ভাগ অক্সিজেন সংশ্লেষণ বিক্রিয়ায় জল উৎপন্ন করে।

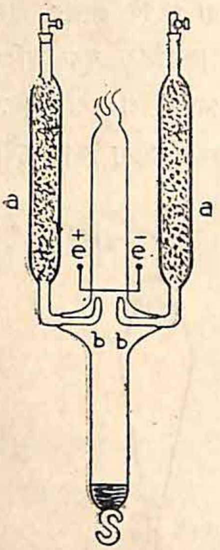
জলের ওজনমাত্রিক সংযুতি নির্ধারণ :

মর্লির প্রণালী :

1895 খ্রীষ্টাব্দে মর্লি তাঁহার উদ্ভাবিত প্রণালীর সাহায্যে ওজন-অনুপাতে জলের সংযুতি নির্ভুলভাবে নির্ধারণ করেন।

মর্লির প্রণালীতে যে যন্ত্র ব্যবহৃত হয় তাহার একটি চিত্র প্রদর্শিত হইল (চিত্র, ১২)। যন্ত্রটি বিশেষভাবে নির্মিত কতকগুলি কাঁচনলের সমষ্টি ; a a নল দুইটি P_2O_5 দ্বারা পূর্ণ থাকে এবং মাঝখানের-নলের মধ্যে a a নল দুইটির প্রবেশমুখে দুইটি জেট্ থাকে ; জেটের ঠিক উপরেই মধ্যস্থ কাচ-নলের e^+e^- দুইটি বিদ্যুদ্‌বাহী প্লাটিনাম তার থাকে। তার দুইটি ব্যাটারীর সহিত যুক্ত। যন্ত্রটিকে পরীক্ষার পূর্বে, প্রথমতঃ বায়ুশূন্য করিয়া ওজন করিয়া লওয়া হয়। পরে দুইটি কাচ গোলকে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পূর্ণ করিয়া ওজন লওয়া হয় এবং পরে পৃথক পৃথক ভাবে ঐ হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন a a নলের

মধ্য দিয়া চালিত করিয়া a, a নলের প্রবেশপথগুলি বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়। এখন e^+ e^- তার দুইটির মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ-চালনা করিয়া স্ফুলিঙ্গ উৎপন্ন করিলে b b জেটের মুখে হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন দহিত হইয়া থাকে। পরীক্ষাশেষে সমগ্র যন্ত্রটিকে শীতল করিয়া উৎপন্ন জলকে ঘনীভুত করিয়া লওয়া হয় এবং অবশিষ্ট অদহিত গ্যাসগুলি পাম্পের সাহায্যে যন্ত্র হইতে বাহিরে আনিয়া উহাদের ওজন নির্ধারণ করা হয়।



চিত্র, ১২—মর্লির প্রণালী

গণনা :

ধরা যাক্,

প্রবিষ্ট হাইড্রোজেনের ওজন $= w_1$ গ্রাম

অবশিষ্ট হাইড্রোজের ওজন $= w_2$ গ্রাম

$\therefore$ দহিত হাইড্রোজেনের ওজন $= (w_1 - w_2)$ গ্রাম

প্রবিষ্ট অক্সিজেনের ওজন $= w_3$ গ্রাম

অবশিষ্ট অক্সিজেনের ওজন $= w_4$ গ্রাম

$\therefore$ দহিত অক্সিজেনের ওজন $= (w_3 - w_4)$ গ্রাম

এবং ধরা যাক্, উৎপন্ন জলের ওজন $= x$ গ্রাম।

মর্লি বহু পরীক্ষার ফলে প্রমাণ করেন যে, সর্বক্ষেত্রেই—

$$(w_3 - w_4) : (w_1 - w_2) = 7.9396 : 1$$

এবং $x : (w_1 - w_2) = 8.9362 : 1$

অতএব সিদ্ধান্ত করা যায় যে, **আনুমাণিক** 8 ভাগ ওজনের অক্সিজেন 1 ভাগ ওজনের হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া 9 ভাগ ওজনের জল উৎপন্ন করে।

জলের আণবিক সংকেত ঃ

জলের আয়তনমাত্রিক সংযুতি পরীক্ষার ফল হইতে জলের আণবিক সংকেত নির্ধারণ ঃ

পূর্বে আলোচিত পরীক্ষা হইতে দেখা যায় যে 2 আয়তন হাইড্রোজেন ও 1 আয়তন অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে।

ধরা যাক্, প্রতি আয়তন গ্যাসে n সংখ্যক অণু আছে।

∴ অ্যাভোগাড্রো-প্রকল্প (Avogadro's Hypothesis) অনুসারে—

2n হাইড্রোজেন অণু, n অক্সিজেন অণুর সহিত সংযুক্ত হইয়া জল উৎপন্ন করে ; কিন্তু হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের অণু দ্বি-পরমাণুক (diatomic) ;

$$\therefore \frac{\text{জলের মধ্যে হাইড্রোজেন পরমাণুর সংখ্যা}}{\text{জলের মধ্যে অক্সিজেন পরমাণুর সংখ্যা}} = \frac{2n}{n} = \frac{2}{1}$$

অতএব, জলের আণবিক সংকেত $= (H_2O)x$.

এখন, একটি পৃথক পরীক্ষা হইতে জানা যায় যে, জলের বাষ্প-ঘনত্ব $= 9$.

অতএব, জলের আণবিক ভার $= 2 \times$ বাষ্প-ঘনত্ব $= 2 \times 9 = 18$ (অ্যাভোগাড্রো)।

বা, $(2+16)x = 18$ [∵ হাইড্রোজেনের পারমাণবিক ভার $= 1$; এবং অক্সিজেনের পারমাণবিক ভার $= 16$]

∴ $x = 1$.

সুতরাং x-এর উল্লিখিত মান প্রয়োগ করিয়া জলের (ষ্টীম রূপে) আণবিক সংকেত H_2O পাওয়া যায়।

ডয়টেরিয়াম অক্সাইড বা ভারী জল (Heavy water) D_2O :

ডয়টেরিয়াম বা ভারী হাইড্রোজেন, হাইড্রোজেনের একটি অন্যতম প্রধান আইসোটোপ। ভারী হাইড্রোজেন অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিক সংযোগে ভারী জল প্রস্তুত করে। সাধারণ জলে H_2O, HOD, D_2O অণু বর্তমান ; D_2O ও H_2O এর অনুপাত 1 : 4500 জলের তড়িৎ বিশ্লেষণে অপেক্ষাকৃত লঘু আইসোটোপটি (অর্থাৎ সাধারণ হাইড্রোজেন) প্রথম প্রথম নিষ্ক্রান্ত হয় ও অবশিষ্ট জলে D_2O এর পরিমাণ বাড়িতে থাকে। দীর্ঘদিন ব্যবহারের পর ক্ষারীয় তড়িৎ সেলে অবশিষ্টরূপে যে জল থাকে তাহার মধ্যে ভারী জলের সন্ধান পাওয়া যায় ও 35 লিটার দ্রবণ হইতে 1 সি.সি. বিশুদ্ধ ভারী জল পাওয়া যায়। [H-H পরমাণুর বন্ধন দ্রুত ভাঙ্গিয়া যায় বলিয়া জলের তড়িৎ বিশ্লেষণে D_2 অপেক্ষা H_2 দ্রুততর নির্গত হয়।] ভারী জল ও সাধারণ জলের মধ্যে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের কিছু পার্থক্য আছে। D_2O সাধারণ জলের মতই বর্ণহীন তরল এবং ইহা অতীব জলাকর্ষী তরল। নীচে সাধারণ জল ও ভারী জলের কতিপয় ভৌতধর্মের তালিকা দেওয়া হইল।

ভৌতধর্ম	H_2O	D_2O
হিমাঙ্ক °C	0°	3·82°
স্ফুটনাঙ্ক °C	100°	101·42°
25°C-এ আপেক্ষিক গুরুত্ব	1·00	1·1076
সর্বাধিক ঘনত্বের তাপমাত্রা °C	4°	11·6°

পরা বিদ্যুৎ ধ্রুবক (20°C)	82	80·5
দ্রাবতা (গ্রাম) প্রতি গ্রাম, জলে 25°C		
NaCl	0·359	0·305
$BaCl_2$	0·357	0·289

D_2O জলের মত লবণের সহিত যুক্ত হইয়া ডয়টারো হাইড্রেট গঠন করে, যেমন $CuSO_4, 5D_2O$; $Na_2SO_4, 10D_2O$; D_2O জলের অনুরূপ বিক্রিয়া করে (বিক্রিয়ার হার অবশ্য বিভিন্ন)। অতএব বহু ডয়টেরিয়াম যৌগ সহজে প্রস্তুত করা যায়ঃ

$Mg_3N_2+6D_2O=3Mg(OD)_2+2ND_3$ (ডয়টিরিয়ো অ্যামোনিয়া)
$CaC_2+2D_2O=Ca(OD)_2+C_2D_2$ (ডয়টিরিয়ো অ্যাসিটিলীন)
$SO_2+D_2O=D_2SO_4$ (ডয়টিরিয়ো সালফিউরিক অ্যাসিড)

ভারীজলের ব্যবহারঃ রাসায়নিক বিক্রিয়াতে পরমাণু বা পরমাণু সমষ্টি কিভাবে কাজ করে, সেই কার্যক্রম (mechanism) নিরূপণে অনেক সময় D_2O ব্যবহৃত হয়। পরমাণু রিঅ্যাকটরে দ্রুতগতি নিউট্রনের গতি মন্থর করিতে ভারী জল ব্যবহৃত হয়। ভারী হাইড্রোজেন উৎপাদনে ভারী জল অপরিহার্য।

পলিওয়াটার (Polywater)ঃ 1962 সালে রাশিয়ার রসায়নবিদ ফিডিয়া কিন ও ডেবিয়াজিন নতুন একরকম জলের কথা বলেন; এই নতুন জলের নাম দেওয়া হইয়াছে পলিওয়াটার বা অ্যানামেলাস (anamalous) বা অস্বাভাবিক জল।

সাধারণ জলের মতই দুই ভাগ H_2 ও একভাগ O_2র রাসায়নিক মিলনে পলি-ওয়াটার উৎপন্ন হয়।

কোয়ার্টজের তৈয়ারী কৈশিক নলে জলীয় বাষ্প ঘনীভূত করিয়া নলটিকে প্রবিস্রুত জলে খুব স্বল্প চাপে 18 ঘণ্টা ডুবাইয়া রাখিলে কৈশিক নলে পলিওয়াটার উৎপন্ন হয়। কোয়ার্টজ অনুঘটকের কাজ করে। তবে কোন রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে পলিওয়াটার তৈয়ারী হয় তাহা জানা যায় নাই।

সাধারণ জল অপেক্ষা পলিওয়াটারের ধর্ম আলাদা। সাধারণ জল অপেক্ষা অনেক মন্থর গতিতে জমাট বাঁধে ও বাষ্পীভূত হয়। পলিওয়াটার $-40°C$-এ কাঁচের মত অবস্থায় পরিণত হয়; তবে উহার কোন নির্দিষ্ট ফ্রিজিং পয়েণ্ট নাই। পলিওয়াটারের ঘনত্ব সাধারণ জল অপেক্ষা 40% বেশী; 4°C এ উহার ঘনত্ব সর্বাপেক্ষা বেশী হয় না। উহার উষ্ণতা 500°C পর্যন্ত বৃদ্ধি করা যায়।

মানুষের শারীরিক উপাদানের 90% জল; মানুষের প্রাণধারণের পক্ষে পলিওয়াটারের ভূমিকা লইয়া বিজ্ঞানীরা বর্তমানে গবেষণা রত।

চতুর্থ অধ্যায়

হাইড্রোজেন পারক্সাইড

(Hydrogen Peroxide)

আণবিক সংকেত—H_2O_2 আণবিক ভার—34

আবিষ্কার :

1818 খৃষ্টাব্দে থেনার্ড (Thenard). হাইড্রোজেন পারক্সাইড আবিষ্কার করেন।

পারঅক্সাইড (Peroxide) **:**

সাধারণভাবে, কোন মৌলের সহিত যতগুলি অক্সিজেন পরমাণু স্বাভাবিকভাবে সংযুক্ত হইয়া অক্সাইড উৎপন্ন হওয়া উচিত, তদপেক্ষা অধিক অক্সিজেন পরমাণুর সহিত সংযোগ ঘটিয়া যদি কোনো অক্সাইড উৎপন্ন হয়, তবে ঐ অক্সাইডগুলিকে পারক্সাইড বলিয়া অভিহিত করা হয়। যথা H_2O হাইড্রোজেনের স্বাভাবিক অক্সাইড; কিন্তু হাইড্রোজেন আরেকটি অক্সাইডও উৎপন্ন করে, যেমন—H_2O_2—ইহা হাইড্রোজেন পারক্সাইড। সেইরূপ BaO স্বাভাবিক অক্সাইড কিন্তু BaO_2—বেরিয়াম পারক্সাইড।

বর্তমানে সংজ্ঞাটির সংশোধন করা হইয়াছে। যে সকল অক্সাইড লঘু অম্লের সহিত বিক্রিয়ায় H_2O_2 উৎপন্ন করে কেবল তাহাদেরই **পারক্সাইড** বলা হয়। BaO_2, Na_2O_2 প্রভৃতি অক্সাইডগুলি লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় H_2O_2 উৎপন্ন করে; অতএব উহারা পারক্সাইড। আবার কতকগুলি ধাতুর একাধিক অক্সাইড আছে এবং উহাদের অক্সাইডে স্বাভাবিক অপেক্ষা অধিক মাত্রায় অক্সিজেন থাকিলেও উহারা পারক্সাইড নহে, যেমন PbO_2, MnO_2 প্রভৃতি অক্সাইডগুলি। যদিও MnO_2তে স্বাভাবিক অপেক্ষা অধিক মাত্রায় অক্সিজেনের সংযোগ ঘটিয়াছে তথাপি উহা পারক্সাইড নহে, কারণ MnO_2 কোনো লঘু অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া H_2O_2 উৎপন্ন করে না। এজন্য MnO_2 কে ম্যাঙ্গানীজ ডায়ক্সাইড বলা হয়; পারঅক্সাইড নয়।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

বায়ুতে ও কোন কোন উদ্ভিদে অতি অল্প পরিমাণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড বর্তমান থাকে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের উৎপাদন :

জলের তড়িদ্‌বিশ্লেষকালে অথবা অক্সিজেন দ্রবণে অতি-বেগুনী বা রেডিয়ম-রশ্মির ক্রিয়ায়, হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হইয়া থাকে। হাইড্রোজেন বা কার্বন মনোক্সাইডের জলন্ত শিখা বরফের উপর চালিত করিলে সামান্য পরিমাণে হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হইয়া থাকে। অনার্দ্র-ইথার (ether) সূর্যালোকের সংস্পর্শে অল্পমাত্রায় H_2O_2 উৎপন্ন করে।

পরীক্ষাগারে হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতি :

1. **বেরিয়ম পারক্সাইড হইতে** (From Barium peroxide) :

বরফে শীতলীকৃত একটি বীকারে কিছু সোদক (hydrated) বেরিয়ম পারক্সাইড ($BaO_2,8H_2O$) চূর্ণ লইয়া উহার সহিত অল্প পরিমাণ জল মিশ্রিত করিয়া একটি লেই (paste) প্রস্তুত করা হইল। উহাতে শীতল ও লঘু (10%) H_2SO_4 দ্রবণ ধীরে ধীরে আলোড়নসহ যোগ করিয়া অম্লীকৃত করা হইল। BaO_2, H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া $BaSO_4$ ও H_2O_2 উৎপন্ন করে—

$$BaO_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + H_2O_2$$

এখন দ্রবণটিকে কিছুকাল নিশ্চল রাখিয়া দিলে অদ্রাব্য $BaSO_4$ অধঃক্ষেপ রূপে নিম্নে জমে ও উপরে স্বচ্ছ H_2O_2-এর দ্রবণ পাওয়া যায়। উপরিস্থ স্বচ্ছ দ্রবণটিকে পরিস্রাবণ করিয়া উহার অতিরিক্ত H_2SO_4-কে বেরিয়ম হাইড্রক্সাইড দ্রবণ যোগ করিয়া প্রশমিত করা হয় ও পুনর্বার পরিস্রাবণ করা হয়। পরিস্রুতটিই হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণ।

উপরোক্ত প্রক্রিয়ায় H_2SO_4-এর পরিবর্তে H_3PO_4ও ব্যবহার করা যায়। সেক্ষেত্রে অদ্রাব্য বেরিয়ম ফসফেট [$Ba_3(PO_4)_2$] ও হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হয় : $3BaO_2 + 2H_3PO_4 = Ba_3(PO_4)_2 + 3H_2O_2$

শেষোক্ত প্রণালীটি অনুসরণ করা অধিক বাঞ্ছনীয়, কারণ উৎপন্ন হাইড্রোজেন পারক্সাইড দ্রবণে যে অতিরিক্ত ফসফোরিক এসিড থাকিয়া যায়, উহা বাধকরূপে ক্রিয়া করিয়া উৎপন্ন হাইড্রোজেন পারক্সাইডের বিয়োজন রোধ করিয়া থাকে।

2. **মার্কের পারহাইড্রল প্রণালী** (Merck's Perhydrol Process) :

বরফে শীতলীকৃত একটি 20% শক্তির H_2SO_4 দ্রবণে ধীরে ধীরে উপযুক্ত পরিমাণ সোডিয়ম্ পারক্সাইড যোগ করিলে H_2O_2 উৎপন্ন হইয়া থাকে।

$$Na_2O_2 + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + H_2O_2$$

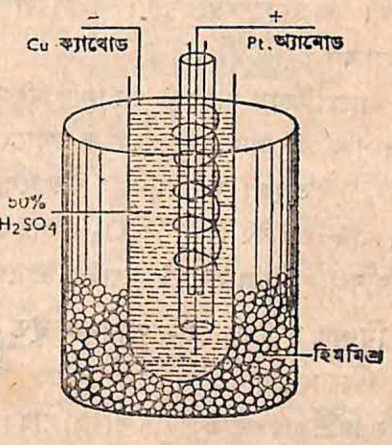
বিক্রিয়ার শেষে সমগ্র দ্রবণটিকে শীতল করিলে ($-2°C$ উষ্ণতা), উৎপন্ন সোডিয়াম সালফেট $Na_2SO_4, 10H_2O$ কেলাসরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয় ও পরিস্রাবণ প্রক্রিয়ায় উহাকে পৃথক করিয়া লইলে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের দ্রবণ পাওয়া যায়। এই প্রণালীতে প্রায় 30% শক্তির হাইড্রোজেন পারক্সাইড উৎপন্ন হইয়া থাকে। এই H_2O_2 ই বাজারে পারহাইড্রল নামে পরিচিত।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের শিল্প-প্রস্তুতি ঃ

আধুনিক তড়িৎ-বিশ্লেষ-প্রণালী ঃ

0°C-এ গাঢ় (50%) সালফিউরিক অ্যাসিড দ্রবণকে উচ্চশক্তির তড়িৎযোগে (30 অ্যাম্পি/ডেমি^{2}) তড়িদ্বিশ্লেষ করিলে পারসালফিউরিক অ্যাসিড (per-sulphuric acid) $H_2S_2O_8$ নামে একটি অক্সি-অ্যাসিড অ্যানোড প্রকোষ্ঠে উৎপন্ন হইয়া থাকে ; এই পারসালফিউরিক অ্যাসিড জলের সহিত আর্দ্র-বিশ্লেষ (hydrolysis) বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও সালফিউরিক অ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়। অ্যানোডরূপে প্লাটিনাম ও ক্যাথোডরূপে কপার তার ব্যবহার করা হয়।

একটি সূক্ষ্ম প্লাটিনাম তার একটি নলের ভিতরে রহিয়াছে ; তারটির সামান্য অংশ নলের বাহিরে আছে। নলের বাহিরের গায়ে তামার মোটা তার জড়ানো থাকে (চিত্র, ১৩)। প্লাটিনাম তার অ্যানোডরূপে ও কপার তার ক্যাথোডরূপে কাজ করে।



চিত্র, ১৩—তড়িৎবিশ্লেষ প্রণালীতে H_2O_2 প্রস্তুতি

কাচনলটি 50% H_2SO_4 পূর্ণ পাত্রে নিমজ্জিত রাখা হয়। H_2SO_4 পাত্রটিকে চূর্ণ বরফে বসাইয়া উহার উষ্ণতা কমানো হয় ও H_2SO_4এ কয়েক ফোঁটা HCl দেওয়া হয় ; ইহাতে উৎপাদন বৃদ্ধি পায়। অ্যানোড ও ক্যাথোডকে ব্যাটারীর সহিত যুক্ত করিয়া তড়িৎ প্রবাহিত করিলে H_2SO_4 অ্যানোডে জারিত হইয়া পারসালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়। পার-অ্যাসিডকে পরে অনুপ্রেষ পাতন করিলে $H_2S_2O_8$ আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া H_2O_2 উৎপন্ন হয়।

পারসালফিউরিক অ্যাসিডের উৎপাদনের পরিমাণ (i) H_2SO_4-এর গাঢ়তা, (ii) অ্যানোডে তড়িৎ গাঢ়ত্ব, (iii) উত্তম শীতলীকরণ, (iv) সামান্য HCl-এর উপস্থিতির উপর নির্ভর করে।

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons H^+ + HSO_4^-$$; ক্যাথোডে : $2H^+ + 2e = H_2$

অ্যানোডে : $2HSO_4^- - 2e = H_2S_2O_8$

আর্দ্র-বিশ্লেষণ

$$H_2S_2O_8 + 2H_2O \rightarrow 2H_2SO_4 + H_2O_2$$

উৎপন্ন পারসালফিউরিক অ্যাসিডকে অ্যানোড প্রকোষ্ঠ হইতে লইয়া নিম্নচাপে পাতন করিলে উহা আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া H_2O_2 গঠন করে। হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রথমাংশে পাতিত হইয়া পৃথক হইয়া যায় ও অবশিষ্ট সালফিউরিক অ্যাসিডকে পুনরায় তড়িদ্‌বিশ্লেষ করিয়া পারসালফিউরিক অ্যাসিড, তথা হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পুনরুৎপাদন করা চলে। একই সালফিউরিক অ্যাসিড হইতে বারংবার হাইড্রোজেন পারক্সাইড এইরূপে প্রস্তুত করা যায় বলিয়া এই প্রণালীটি হাইড্রোজেন পারক্সাইডের শিল্প-প্রস্তুতির ক্ষেত্রে বিশেষ উপযোগী। ইহাতে প্রায় 30% H_2O_2 থাকে। বারংবার অনুপ্রেষ পাতন করিয়া অবশ্য 90%-এর অধিক গাঢ় H_2O_2 পাওয়া যায়।

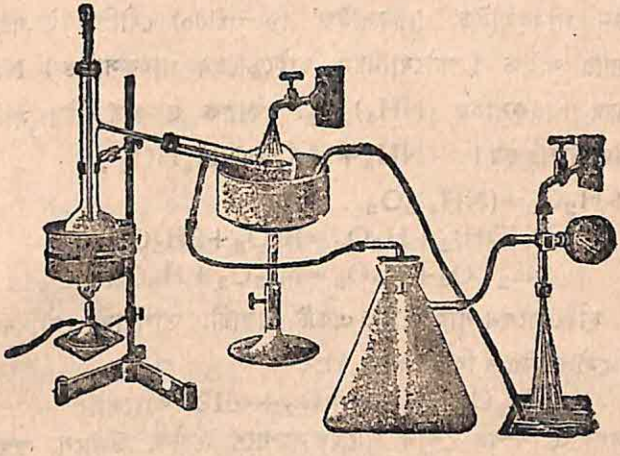
অ্যামোনিয়াম সালফেট ও সালফিউরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে অনুরূপভাবে তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ করিলে অ্যানোড প্রকোষ্ঠে অ্যামোনিয়াম পারক্সো-ডাইসালফেট $(NH_4)_2S_2O_8$ প্রস্তুত হয়। অ্যামোনিয়াম পারক্সো-ডাই সালফেটকে নিম্নচাপে পাতন করিলে উহা আর্দ্র-বিশ্লেষিত হইয়া H_2O_2 উৎপন্ন করে। গাঢ় H_2O_2-এর সহিত বিযোজন-বাধক যথা, পাইরো ফসফেট মিশাইয়া উহাকে অ্যালুমিনিয়াম পাত্রে রাখা হয়।

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড প্রস্তুতি :

উপরে আলোচিত বিভিন্ন প্রণালীতে প্রস্তুত হাইড্রোজেন পারক্সাইড সর্বদাই জলের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় দ্রবণরূপে পাওয়া যায়। এই মিশ্র-দ্রবণ হইতে বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পৃথকীকরণ কিন্তু কঠিন ; কারণ পাতন-প্রক্রিয়ায় জলের অপসারণ করিতে গেলে পাতন উষ্ণতায় হাইড্রোজেন পারক্সাইডেরই বিয়োজন ঘটিয়া থাকে। [জলের স্ফুটনাঙ্ক 100°C ; হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের স্ফুটনাঙ্ক 151·4°C]

জল হইতে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পৃথকীকরণ ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের প্রস্তুতির জন্য নিম্নলিখিত প্রণালীটির প্রয়োগ করা হইয়া থাকে : প্রথমতঃ হাইড্রোজেন পারক্সাইডের জলীয় দ্রবণকে একটি উষ্ণ জলগাহের (water bath) উপর 60°—70°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে জল আংশিকভাবে দূরীভূত হয় ও প্রায় 66% গাঢ় হাইড্রোজেন পারক্সাইড পাওয়া যায়। এই হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি পাতন ফ্লাস্কে লওয়া হয়। পাতন ফ্লাস্কের সহিত শীতক সংযুক্ত করিয়া শীতকের সহিত পার্শ্বনল যুক্ত একটি গ্রাহক পাত্র আটকানো থাকে :

গ্রাহকপাত্রের পার্শ্বনল রবারের টিউবের সাহায্যে বায়ুচাপ মাপক (manometer) যন্ত্রের সহিত সংযোজিত করা হয় ; নলটির সহিত একটি শোষক-পাম্প (suction-pump) যোগ করা হয় ও পাম্পটি চালনা করিয়া পাতন যন্ত্রের মধ্যের বায়ু শোষণ করিয়া



চিত্র. ১৪—নিম্নচাপ পতনে বিশুদ্ধ H_2O_2 প্রস্তুতি

যন্ত্রমধ্যস্থ বায়ুচাপ কমাইয়া দেওয়া হয় ; এখন পাতন ফ্লাস্কটিকে 35—40°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে অনুপ্রেষ-পাতন (distillation under reduced pressure) ঘটিয়া জল পাতিত হইয়া আসে। পরে পাতন-ফ্লাস্কটিকে 70°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে হাইড্রোজেন পারক্সাইডের পাতন ঘটিয়া থাকে এবং পৃথক গ্রাহক যন্ত্রে উহা সংগ্রহ করা যায় (চিত্র, ১৪)। এই সংগৃহীত হাইড্রোজেন পারক্সাইডের গাঢ়ত্ব প্রায় 99%।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড হইতে সম্পূর্ণরূপে জলের অপসারণ প্রয়োজন হইলে উপরোক্ত 99·1% গাঢ় হাইড্রোজেন পারক্সাইডকে একটি গাঢ় H_2SO_4 পূর্ণ শোষকাধারে রাখিয়া দিলে অবশিষ্ট জল শোষিত হইয়া 100% গাঢ় ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন পারক্সাইডের ধর্ম : ভৌতধর্ম :

বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন পারক্সাইড নীলাভ, গন্ধহীন ও তৈলের ন্যায় ঘন একটি তরল পদার্থ। জল অপেক্ষা ইহা কম উদ্বায়ী। ইহা জল, ইথার ও অ্যালকোহলে যে কোন অনুপাতে দ্রবণীয় ও দ্রবণে ইহার একটি কষায় ধাতব স্বাদ আছে। 68 মি. মি. চাপে ইহার স্ফুটনাঙ্ক 85°C। −17°C উষ্ণতায় ইহা কঠিন বরফের ন্যায় $H_2O_2, 2H_2O$ উৎপন্ন করে। 0°C উষ্ণতায় ইহার ঘনত্ব 1·46.

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

(ক) হাইড্রোজেন পারক্সাইড বিশুদ্ধাবস্থায় অম্লধর্মী ও লিটমাস দ্রবণকে লাল করে ; কিন্তু জলীয় দ্রবণে ইহা উদাসীন (neutral)। অম্ল-ধর্মিতার জন্যই গাঢ় হাইড্রোজেন পারক্সাইড 'পারক্সাইড' (peroxide) যৌগিক উৎপন্ন করে, যথা, অ্যামোনিয়ার সহিত (অ্যামোনিয়ম হাইড্রোজেন পারক্সাইড) NH_4HO_2 ও অ্যামোনিয়ম পারক্সাইড $(NH_4)_2O_2$, ক্ষারক ও কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়ায় পারক্সাইড উৎপন্ন হয়। $NH_3+H_2O=NH_4HO_2$;

$2NH_3+H_2O_2=(NH_4)_2O_2$

$$Ba(OH)_2+H_2O_2=BaO_2+2H_2O$$
$$Na_2CO_3+H_2O_2=Na_2O_2+H_2O+CO_2$$

(খ) হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি অস্থায়ী, তাপদায়ী যৌগিক ও সহজেই উৎপাদক মৌলগুলিতে বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে—

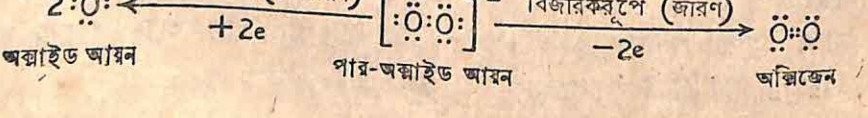
$$2H_2O_2=2H_2O+O_2+46120 \text{ ক্যালোরি}$$

কর্কশগাত্র সম্পন্ন কোন পাত্রের সংস্পর্শে, রৌদ্র, উত্তাপে, সূক্ষ্ম ধাতু চূর্ণের সান্নিধ্যে, প্লাটিনাম ব্লাক, ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইড প্রভৃতির সংস্পর্শে, অথবা জৈব ও উদ্ভিজ্জ কোষের সহযোগে—উপরোক্ত বিয়োজন দ্রুত ঘটিয়া থাকে।

(গ) H_2O_2 অজৈব যৌগের সহিত যুত-যৌগ গঠনে অংশ নেয় ; যেমন, KF, H_2O_2 ; $(NH_4)_2SO_4$, H_2O_2 ইত্যাদি।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড সংরক্ষণের জন্য বাদামী রঙের প্যারাফিন-লিপ্ত বোতল ব্যবহার করা শ্রেয়। হাইড্রোজেন পারক্সাইডের সহিত অল্প মাত্রায় ফসফোরিক অ্যাসিড, গ্লিসারিণ, অ্যাসিটেনিলাইড (acetanilide) প্রভৃতি মিশ্রিত করিয়া রাখিলে উহা অধিককাল অবিকৃত থাকে ; উহারা বাধকরূপে ক্রিয়া করিয়া হাইড্রোজেন পারক্সাইডের স্বতঃ-বিযোজনকে রোধ করিয়া থাকে।

হাইড্রোজেন পারক্সাইড একটি শক্তিশালী জারক পদার্থ ; বিজারকরূপেও ইহা বিক্রিয়া করিয়া থাকে। H_2O_2-এ O-এর জারণ সংখ্যা -1 ; যখন ইহা জারকরূপে ক্রিয়া করে তখন ইহা ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া জলে বিজারিত হয় (জলের অণুতে O-এর জারণ সংখ্যা -2) ; বিজারকরূপে বিক্রিয়াকালে ইহা ইলেকট্রন ত্যাগ করে এবং অক্সিজেনে জারিত হয়। O_2 মৌলে O-এর জারণ সংখ্যা 0।



$2H_2O_2+2H^++2e \rightarrow 3H_2O$; $H_2O_2-2e \rightarrow 2H^++O_2$

জারণ-ক্রিয়া : H_2O_2 কালো PbS-কে সাদা $PbSO_4$-এ, নাইট্রাইট, সালফাইট (দ্রবণীয়) লবণকে যথাক্রমে নাইট্রেট ও সালফেটে পরিণত করে। ইহা H_2S হইতে S-কে অধঃক্ষিপ্ত করে, অম্লীকৃত KI দ্রবণ হইতে I_2 বিমুক্ত করে ; আয়রন (II) লবণকে আয়রন (III) লবণে, অম্লীকৃত পটাশিয়ম ডাইক্রোমেটকে ক্রোমিয়ম পার অক্সাইডে (CrO_5) জারিত করে।

$PbS+4H_2O_2=PbSO_4+4H_2O$;
$$[S^{2-}+4H_2O_2 \rightarrow [S^{6+}O^{2-}{}_4]^{2-}+4H_2O]$$

$NaNO_2+H_2O_2=NaNO_3+H_2O$
$$[NO_2{}^-+H_2O_2 \rightarrow NO_3{}^-+H_2O]$$

$H_2SO_3+H_2O_2=H_2SO_4+H_2O$;
$$[SO_3]^{2-}+H_2O_2 \rightarrow SO_4{}^{2-}+H_2O]$$

$H_2S+H_2O_2=2H_2O+S$;
$$\overset{2e}{S^{2-}+2H^++H_2O_2 \rightarrow 2H_2O+S^0}$$

$2KI+H_2SO_4+H_2O_2=K_2SO_4+H_2O+I_2$
$$[2I^-+2H^++H_2O_2 \rightarrow 2H_2O+I_2{}^0]$$

$2FeSO_4+H_2SO_4+H_2O_2=Fe_2(SO_4)_3+2H_2O$;
$$[2Fe^{2+}+2H^++H_2O^2 \rightarrow 2Fe^{3+}+2H_2O]$$

$K_2Cr_2O_7+H_2SO_4+4H_2O_2=K_2SO_4+2CrO_5+5H_2O$;
$$[4H_2O_2+[Cr_2O_7]^{2-}+2H^+ \rightarrow 2CrO_5+5H_2O]$$

ক্ষারীয় দ্রবণে ইহার জারণ ক্রিয়া দেখা যায়।

$H_2O_2+2OH^-+2e=2H_2O+2O^{2-}$, (অক্সাইড আয়ন)
$$[Mn^{2+}+H_2O+2OH^-=MnO_2+2H_2O]$$

বহু জৈব যৌগও H_2O_2 দ্বারা জারিত হইয়া থাকে ; $FeSO_4$-এর সান্নিধ্যে জৈব যৌগের জারণ ক্রিয়া দ্রুততর হয়।

(খ) **বিজারণ-ক্রিয়া :** অম্ল বা ক্ষারীয় উভয় অবস্থায়ই H_2O_2-এর বিজারণ ক্রিয়া দেখা যায়। $H_2O_2 \rightarrow 2H^++O_2+2e$; এই ইলেকট্রন অপর জারক পদার্থ গ্রহণ করে।

$PbO_2+H_2O_2=PbO+H_2O+O_2$;
$$[PbO_2+2H^++O_2+2e \rightarrow PbO+H_2O+O_2]$$

$Ag_2O + H_2O_2 = Ag + H_2O + O_2;$

$[(Ag^+)_2O^{2-} + 2H^+ + O_2 + 2e \rightarrow 2Ag + H_2O + O_2]$

$O_3 + H_2O_2 = O_2 + H_2O + O_2;$

$[O_3 + 2H^+ + O_2 + 2e = H_2O + 2O_2]$

$Cl_2 + H_2O_2 = 2HCl + O_2$

$[Cl_2 + 2H^+ + O_2 + 2e \rightarrow 2H^+Cl^- + O_2$

$2KMnO_4 + 3H_2SO_4 + 5H_2O_2 = K_2SO_4 + MnSO_4 + 8H_2O + 5O_2;$

$[MnO_4 + 8H^+ + 5e = Mn^{2+} + 4H_2O]$

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড উহার জারণ ধর্মের জন্য একটি উত্তম বিরঞ্জক পদার্থরূপেও (Bleaching agent) সমূহ ব্যবহৃত হইয়া থাকে। পুরাতন তৈলচিত্রকে হাইড্রোজেন পার অক্সাইড দ্বারা ধৌত করিলে তৈলবর্ণের মধ্যস্থ PbS জারিত হইয়া শুভ্র বর্ণের $PbSO_4$ হইয়া যায় ও চিত্রটির মলিনতা দূর হয়। এইরূপে সিল্ক, পশম, হস্তীদন্ত প্রভৃতির অবাঞ্ছিত বর্ণ দূরীভূত করিয়া পদার্থগুলিকে বর্ণহীন করার কার্যে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের পরীক্ষা :

(১) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড পটাশিয়ম আয়োডাইড দ্রবণ হইতে আয়োডিন বিমুক্ত করে ; ফেরাস-সালফেট দ্রবণ সহযোগেও উপরোক্ত বিক্রিয়াটি ঘটে।

(2) পটাশিয়ম ডাইক্রোমেটের অম্লীকৃত দ্রবণ হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড ও ইথার সহ ঝাঁকাইলে ইথার স্তরের দ্রবণটি ঘন আসমানী নীল (azure blue) রঙ ধারণ করে।

(3) পটাশিয়ম পারম্যাংগানেটের গোলাপী দ্রবণ হাইড্রোজেন পারঅক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় বর্ণহীন হইয়া যায়।

(4) হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের সহিত বিক্রিয়ায় টিটানিয়ম লবণ—বাদামী বর্ণ, মলিবডেনাম লবণ—গাঢ় রক্তবর্ণ এবং ভ্যানেডিয়ম লবণ—রক্তবর্ণ ধারণ করে।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের ব্যবহার :

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রধানতঃ রেশম, পশম, হস্তীদন্ত, পালক প্রভৃতির বিরঞ্জনে ব্যবহার হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড সহযোগে কৃষ্ণ কেশ সোনালীবর্ণ ধারণ করে এবং সেজন্য কেশ প্রসাধনেও ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে। পুরাতন চিত্রের সংস্কারে ও পুরাতন কাগজের বিরঞ্জনেও ইহা বহুল ব্যবহৃত হয়। হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড চিকিৎসাক্ষেত্রে জীবাণুরোধক রূপেও ব্যবহৃত হয়। আধুনিক প্লাষ্টক-শিল্পেও কোনো কোনো ক্ষেত্রে হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ব্যবহৃত হইতেছে।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের শক্তি :

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড দ্রবণের শক্তিমাত্রা বা গাঢ়ত্ব—আয়তন-মাত্রা (Volume strength) দ্বারা প্রকাশ করা হয়—যেমন 10 আয়তন, 20 আয়তন হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড প্রভৃতি। 1 c.c. হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড সম্পূর্ণ বিয়োজনে প্রমাণ চাপ ও তাপমাত্রায় যত c.c. অক্সিজেন দেয়, তাহাই উহার আয়তন শক্তিমাত্রা। 10-আয়তন H_2O_2 বলিতে বুঝায় প্রমাণ চাপে ও উষ্ণতায় এইরূপ 1 c.c. H_2O_2 হইতে 10 c.c. O_2 গ্যাস উদ্ভূত হয়।

$$2H_2O_2 = 2H_2O + O_2$$

68 গ্রাম   22400 c.c.

অথবা 1 গ্রাম $H_2O_2 \equiv 22400/68 = 329{\cdot}4$ c.c. O_2

$\therefore$ শতকরা $1\% H_2O_2$ দ্রবণ এর 100 c.c. $\equiv 329{\cdot}4$ c.c. O_2

অথবা $1\% H_2O_2$-এর 1 c.c. $\equiv 3{\cdot}294$ c.c. O_2

অর্থাৎ $1\% H_2O_2$ দ্রবণ $\equiv 3{\cdot}294$ আয়তন মাত্রা   [3·294 Vol. strength]

অতএব 1 আয়তন মাত্রার H_2O_2 দ্রবণ $= \frac{1}{3{\cdot}294}\%$ (·303%)

,,   10 আয়তন মাত্রার দ্রবণ $= \frac{10}{3{\cdot}294}\% = 3{\cdot}03\%\ H_2O_2$

এবং V আয়তন H_2O_2 দ্রবণ $= \frac{V}{3{\cdot}294}\%\ H_2O_2$

পঞ্চম অধ্যায়

ওজোন

(Ozone)

আণবিক সংকেত$=O_3$　　অণাবিক ভার$=48$　　ঘনত্ব$=24$

1795 খৃষ্টাব্দে **ভ্যান মরাম** (Van Marum) ও 1801 খৃষ্টব্দে **ক্রইকস্যাংক** (Cruilkshank) ওজোনের অস্তিত্ব আবিষ্কার করেন। 1840 খ্রীষ্টাব্দে **সোনবাঁ** (schonbain) সর্বপ্রথম ওজোন গ্যাসকে পরীক্ষাগারে প্রস্তুত করেন ; ওজোন গ্যাসের একটি বিচিত্র গন্ধের জন্যেই সোনবাঁ উহার ঐরূপ নামকরণ করেন ; (Ozo = I smell)।

প্রকৃতিক অস্তিত্ব :

পৃথিবীর উর্ধ্ব বায়ুমণ্ডলে ওজোনের অস্তিত্ব পাওয়া যায়। সমুদ্র বায়ুতে অতি অল্প পরিমাণে প্রাকৃতিক ওজোনের অস্তিত্ব অনুভূত হয়। উচ্চশক্তির বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি চালনার কালে, তড়িৎপাতের কালে বা অম্লীকৃত জলের তড়িদ্ বিশ্লেষের কালে অল্প পরিমাণে ওজোনের উৎপত্তি হইয়া থাকে। রেডিয়ম হইতে বিকীরিত তেজস্ক্রিয় রশ্মি অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় ওজোন উৎপন্ন করিয়া থাকে।

ওজোন পস্তুতি :

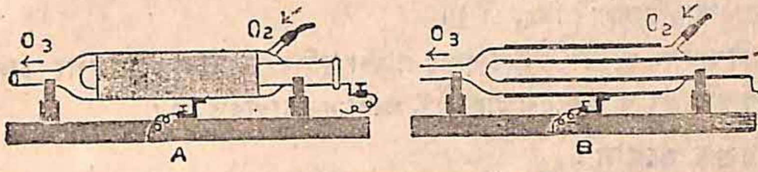
বায়ু বা অক্সিজেনের সহিত আলট্রাভায়োলেট (Ultra-violet) বা অতি বেগুনীরশ্মি সংযোগ ঘটিলে বা আর্দ্র বায়ুতে ফসফোরাসের মৃদুজারণ (slow oxidation) ঘটিলে অক্সিজেন ওজোনে রূপান্তরিত হয়। 0°C উত্তাপে জলের সহিত ক্লোরিণের বিক্রিয়ায় যে অক্সিজেন উৎপন্ন হয়, উহার প্রায় 12% অংশ ওজোন।

অক্সিজেনে সহিত মিশ্রিতাবস্থায় ওজোন প্রস্তুতির ক্ষেত্রে **সিমেন্সের** (Simen's) বা **ব্রুডির** (Brodies) যন্ত্রই অধিক ব্যবহৃত হয়। উভয় যন্ত্রেই অনার্দ্র অক্সিজেনে **নিঃশব্দ তড়িৎপাত** (Silent electric discharge) ঘটাইয়া ওজোন উৎপন্ন করা হইয়া থাকে।

সিমেন্সের যন্ত্র ও ওজোন প্রস্তুতি :

সিমেন্সের যন্ত্রে প্রধান অংশ দুইটি একমুখবন্ধ কাঁচের নল-একটি অপেক্ষাকৃত মোটা। নল দুইটি সমাক্ষ বিশিষ্ট (coaxial) এবং সরু নলটি মোটা নলটির মধ্যে বিপরীতমুখে

প্রবিষ্ট থাকে। বহিঃস্থ নলটিতে একটি পার্শ্বনল যুক্ত থাকে ; ইহা ছাড়া অন্তঃস্থ নলটির



চিত্র, ১৫—সিমেন্সর ওজন প্রস্তুতির যন্ত্র

A—সাধারণ চিত্র B—লম্বচ্ছেদী চিত্র

ভিতরের দিক ও বহিঃস্থ নলটির বাহিরের দিক টিনের পাত দ্বারা আংশিক আবৃত থাকে (চিত্র, ১৫)।

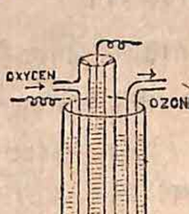
টিনের পাত দুইটিকে তারের সাহায্যে তড়িৎসঞ্চারী রামকর্ফ-কুণ্ডলীর (Ruhmkorff's coil) সহিত যুক্ত করা হয় ও পার্শ্বনল দিয়া অনার্দ্র-অক্সিজেনের একটি মৃদুপ্রবাহ যন্ত্রটির মধ্যে চালনা করা হয়। কুণ্ডলীর সাহায্যে প্রবাহিত অক্সিজেনের মধ্যে একটি নিঃশব্দ তড়িৎপাত সৃষ্টি করা হয় ও অক্সিজেন সংবদ্ধ হইয়া অংশতঃ ওজোনে রূপান্তরিত হয়। অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় উৎপন্ন ওজোন বাহির হইয়া আসে। এই প্রণালীতে প্রবাহিত অক্সিজেনের প্রায় 10—15%, ওজোনে রূপান্তরিত হইয়া থাকে।

$$3O_2 \rightleftharpoons 2O_3 - x \text{ ক্যালরি}$$

ব্রুডির যন্ত্রে ওজোন প্রস্তুতি :

ব্রুডির যন্ত্র প্রধানতঃ একটি বিশেষরূপে নির্মিত কাঁচের U-টিউব। ইউ-টিউবটির একটি বাহু চওড়া ও পার্শ্বনলযুক্ত এবং অপরটি সরু। চওড়া বাহুটির মুখে একটি কাঁচের টেষ্ট-টিউব প্রবেশ করাইয়া সংযোগস্থলটি গলাইয়া বন্ধ করিয়া দেওয়া হয় ; ফলে চওড়া বাহুটির গাত্রে ও প্রবিষ্ট কাঁচনলটির মধ্যে একটি গোলাকার শূন্যস্থান থাকে।

ইউ-টিউবকে একটি বীকারে রক্ষিত লঘু $CuSO_4$ বা H_2SO_4 দ্রবণে প্রায়-নিমজ্জিত করিয়া চওড়া বাহুটির উপরে সংযুক্ত টেষ্ট-টিউবটিতেও অনুরূপ দ্রবণ রাখা হয়। এখন বীকারের দ্রবণের মধ্যে একটি প্লাটিনাম তার ও টেষ্টটিউবটির দ্রবণের মধ্যে একটি প্লাটিনাম তার প্রবেশ করাইয়া তার দুইটির অপর প্রান্তদ্বয় রামকর্ফ-কুণ্ডলীর সহিত যুক্ত করিয়া তড়িৎ চালনা করা হয় এবং ইউ-টিউবটির চওড়া বাহুর পার্শ্বনল দিয়া অক্সিজেনের অতি মৃদু প্রবাহ চালনা করা হয়। ফলে, সমকেন্দ্রী কাচনল দুইটির মধ্যেকার অবকাশে



চিত্র—১৬
ব্রুডির ওজোন প্রস্তুতি যন্ত্র

প্রবাহিত অক্সিজেনের মধ্য দিয়া ক্রমান্বয়ে নিঃশব্দ তড়িৎপাত ঘটিয়া অক্সিজেন অংশতঃ ওজোনে রূপান্তরিত হয় (চিত্র, ১৬)।

পরীক্ষাকালে যন্ত্রটিকে 0°C উষ্ণতায় রাখিয়া স্ফুলিঙ্গহীন তীব্র তড়িৎপ্রবাহ চালনা করিলে প্রবাহিত অক্সিজেনের প্রায় 25% ওজোনে রূপান্তরিত হয়।

বিশুদ্ধ ওজোন :

সিমেন্সের বা ব্রুডির যন্ত্র হইতে লব্ধ ওজোন সর্বদাই অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় পাওয়া যায়। এই মিশ্রটিকে প্রথমতঃ—112·4°C উষ্ণতায় শীতল করিলে ওজোন তরলীভূত হইয়া থাকে, কিন্তু অক্সিজেন হয় না (অক্সিজেনের হিমাঙ্ক—182·9°C)। সুতরাং তরল ওজোনকে সহজেই অক্সিজেন হইতে পৃথক করা যায়।

তরল ওজোন একটি ঘন-নীল রঙের অতি বিস্ফোরক পদার্থ এবং উহা সহজেই অক্সিজেনে বিয়োজিত হইয়া থাকে। $2O_3 = 3O_2$

ওজোনের ধর্ম :

ভৌত ধর্মাবলী :

ওজোন একটি নীলাভ বর্ণের, মৎস্য গন্ধযুক্ত গ্যাস, বায়ু অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী। ওজোন –112·4°C-এ তরলীভূত হয়। তরল ওজন একটি ঘন নীল, অতি বিস্ফোরক পদার্থ। ওজোন অক্সিজেন অপেক্ষা জলে অধিক দ্রবণীয়, 0°C-এ এক আয়তন জলে 0·49 আয়তন ওজোন দ্রবীভূত হয় ; ইহা তার্পিন তৈলে সহজেই দ্রবণীয়। ওজোনের জলীয় দ্রবণ নীল লিটমাস লাল করে ; জলীয় দ্রবণে ওজোনিক অ্যাসিড গঠিত হয়। অ্যাসটিক অ্যাসিড, কার্বন-টেট্রাক্লোরোইড প্রভৃতি জৈব যৌগেও ওজোন দ্রবীভূত হয়।

রাসায়নিক ধর্মাবলী :

ওজোন অক্সিজেন অপেক্ষা বহুগুণে সক্রিয়। ইহা দহনের সহায়ক। ওজোন একটি উত্তম জারক পদার্থরূপে বিক্রিয়া করিয়া থাকে। উদাহরণ স্বরূপ, ওজোনের সংস্পর্শে কৃষ্ণবর্ণ PbS শ্বেতবর্ণের $PbSO_4$এ সালফার ডায়অক্সাইড SO_3 তে ; টিন (ii) ক্লোরাইড ($SnCl_2$) টিন (iv) ক্লোরাইডে ($SnCl_4$) ; হ্যালোজেন হাইড্রাসিড হ্যালোজেন ও জলে ; আর্দ্র অ্যামোনিয়া অ্যামোনিয়ম নাইট্রাইট (NH_4NO_2) ও অ্যামোনিয়ম নাইট্রেটে (NH_4NO_3) এবং S, P ও As প্রভৃতি উহাদের অক্সি-অ্যাসিডে জারিত হইয়া থাকে।

বিক্রিয়াকালে O_3 একটি O পরমাণু বিমুক্ত করে ; এই O পরমাণুই পদার্থের জারণ ঘটায়।

$$O_3 \rightarrow O_2 + [O]\ ;\ O_3 + 2H^+ + 2e \rightarrow O_2 + H_2O$$

[অ্যাসিড বা জল হইতে H^+ পাওয়া যায়]

$$2KI + H_2SO_4 + O_3 \rightarrow I_2 + O_2 + K_2SO_4 + H_2O$$

অথবা, $\overset{2e}{2I^- + 2H^+ + O_3} \rightarrow I_2 + O_2 + H_2O$

আয়োডাইড আয়ন (I^-) ইলেকট্রন বর্জন করে এবং O_3 তাহা গ্রহণ করিয়া O_2 তে বিজারিত হয়।

ওজোন বহু ধাতুর সহিতও বিক্রিয়া করিয়া থাকে। ওজোনের সংস্পর্শে পারদের তারল্য (mobility) বিনষ্ট হইয়া থাকে ; সম্ভবতঃ ওজোনের সংস্পর্শে পারদ Hg_2O উৎপন্ন করে ; উহার ফলেই পারদের তারল্য বিনষ্ট হইয়া থাকে ও পারদ কাচে আটকাইয়া যায়। রবারের নমনীয়তাও ওজোনের সংস্পর্শে নষ্ট হইয়া যায়।

ওজোনের সংস্পর্শে পটাশিয়ম আয়োডাইডের প্রশম দ্রবণ (neutral solution) হইতে আয়োডিন উদ্ভূত হয় ; ওজোন কঠিন ও আর্দ্র আয়োডিনকে আয়োডিক অ্যাসিডে এবং অনার্দ্র আয়োডিনকে আয়োডিন অক্সাইডে (I_4O_9) জারিত করিয়া থাকে।

$$PbS + 4O_3 = PbSO_4 + 4O_2\ ;\quad 3SO_2 + O_3 = 3SO_3$$

এখানে O_3 অণুর তিনটি পরমাণুই সামগ্রিকভাবে বিক্রিয়া করে।

$$3SnCl_2 + 6HCl + O_3 = 3SnCl_4 + 3H_2O$$

$$2HX + O_3 = H_2O + X_2 + O_2$$ (X = হ্যালোজেন মৌল)

$$S + H_2O + 3O_3 = H_2SO_4 + 3O_2\ ;\ H_2S + 4O_3 = H_2SO_4 + 4O_2$$

$$2KI + H_2O + O_3 = 2KOH + I_2 + O_2\ ;\ 2Ag + O_3 = Ag_2O + O_2$$

$$I_2 + 5O_3 + H_2O = 2HIO_3 + 5O_2$$

$$2FeSO_4 + H_2SO_4 + O_3 = Fe_2(SO_4)_3 + H_2O + O_2$$

ওজোন বহু জৈব পদার্থের সহিতও বিক্রিয়া করে ; বিশেষতঃ, অসম্পৃক্ত জৈব-যৌগিক যথা ইথিলীন, বেনজিন, টার্পেণ্টাইন প্রভৃতি সহজেই ওজোনের সহিত সহিত বিক্রিয়া করিয়া থাকে এবং ওজোনাইড (ozonide) শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে :



(ইথিলীন ওজোনাইড)

ওজোন রঙীন জৈব পদার্থকে জারিত করিয়া বর্ণহীন করে এবং সেজন্য ওজোনকে একটি বিরঞ্জক পদার্থ (bleaching agent) রূপে ব্যবহার করা হয়।

ওজোন উত্তাপে অক্সিজেন বিয়োজিত হয় এবং $250-300^{\circ}C$ উত্তাপে বিচূর্ণ Ag, Pt প্রভৃতি ধাতু, ম্যাংগানিজ অক্সাইড, লেড অক্সাইড, কোবল্ট অক্সাইড প্রভৃতির সান্নিধ্যে ওজন সম্পূর্ণরূপে অক্সিজেন বিয়োজিত হইয়া থাকে—$2O_3=3O_2$

উত্তপ্ত Ag, O_3-এর সংস্পর্শে Ag_2O_2, AgO, Ag_2O_3 প্রভৃতি অক্সাইড গঠন করিয়া কালো হইয়া যায়।

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড, বেরিয়ম পার-অক্সাইড প্রভৃতি জারক পদার্থ ওজোনের সহিত বিক্রিয়ার ফলে **বিজারিত** হয়; যথা—

$H_2O_2+O_3=H_2O+2O_2$; $BaO_2+O_3=BaO+2O_2$

ওজোনের নিরীক্ষা

(ক) ওজোনের একটি আমিষ-গন্ধ (fishy odour) আছে।

(খ) আয়োডাইড স্টার্চযুক্ত ফিল্টার কাগজ ওজোনের সান্নিধ্যে নীলবর্ণ ধারণ করে। (গ) বেন্‌জিডিন (benzidine) যুক্ত ফিল্টার কাগজ ওজোনের সান্নিধ্যে বাদামী বর্ণ ধারণ করে। (ঘ) টেট্রামিথাইল বেসের (tetramethyl) অ্যালকোহলীয় দ্রবণে সিক্ত ফিল্টার কাগজ ওজোনের সান্নিধ্যে বেগুনী ও গোলাপী বর্ণ ধারণ করে।

(ঙ) ওজোন পটাশিয়ম পারম্যাংগানেট দ্রবণকে বর্ণহীন করিতে পারে না।

(চ) ওজোন তার্পিন-তৈল, দারুচিনি-তৈল (oil of cinamon) প্রভৃতির দ্বারা শোষিত হইয়া থাকে।

ওজোনের ব্যবহার ঃ

পানীয় জল বা ভূগর্ভস্থ রেলপথের বায়ুর বিশুদ্ধিকরণ ও জীবাণুশূন্যকরণে ওজোন ব্যবহার হয়। তৈল, মোম, হস্তীদন্ত প্রভৃতির বিরঞ্জনে ওজোন ব্যবহৃত হয়। জৈব পদার্থ জারিত করার জন্য ওজোন ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

বহুরূপতা (Allotropy) :

কতকগুলি মৌলের একটি বিশিষ্ট ধর্ম আছে যাহার ফলে উহারা একাধিকরূপে বর্তমান থাকে। একই মৌল হইতে জাত এই বিভিন্ন রূপগুলির পরস্পরের মধ্যে ভৌত ধর্মের এবং কোনো কোনো ক্ষেত্রে রাসায়নিক ধর্মেরও পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়। মৌলের এই পৃথক পৃথক রূপে বর্তমান থাকার সহজাত ধর্মকে **বহুরূপতা** ও পৃথক পৃথক রূপ-গুলিকে **মৌলের রূপভেদ** (allotropic modifications of the element) বলা হয়।

উদাহরণ স্বরূপ, কার্বন মৌলটি—হীরক, গ্রাফাইট, ভূষাকালি, কাঠকয়লা প্রভৃতি রূপে বর্তমান থাকে। এই রূপগুলির প্রতিটিকেই কার্বন মৌলের রূপভেদ আখ্যা দেওয়া হয়। অক্সিজেন মৌলও অক্সিজেন এবং ওজোন এই দুইটি পৃথকরূপভেদে

বর্তমান থাকে। সাধারণতঃ অধাতু মৌলগুলির মধ্যেই বহুরূপতার ধর্ম অধিক দেখা যায়। বহুরূপগুণতা সম্পন্ন অন্যান্য মৌলের মধ্যে সিলিকন, ফসফোরাস, টেলুরিয়ম প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য।

একই মৌল বিভিন্ন রূপে বর্তমান থাকিলে প্রকৃতিতে সর্বাধিক মাত্রায় বর্তমান রূপটিকে **মৌলরূপ,** এবং অপেক্ষাকৃত অল্পমাত্রায় বর্তমান রূপগুলিকে **রূপভেদ** বলা হয়। যেমন, ওজোন ও অক্সিজেন মধ্যে অক্সিজেনই প্রকৃতিতে বহুল পরিমাণে বিদ্যমান থাকায় উহাকেই মৌলরূপ বলিয়া গ্রহণ করা হয় এবং ওজোনকে **অক্সিজেনের রূপভেদ** বলা হয়।

একই মৌলের রূপভেদগুলির মধ্যে যে ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের পার্থক্য দেখা যায় উহার কারণ—বিভিন্ন রূপগুলির অণুতে বিভিন্ন মাত্রায় মৌলের পরমাণু বর্তমান থাকে ; ফলে অন্তর্নিহিত রাসায়নিক শক্তির মাত্রাভেদ ঘটে এবং বিভিন্ন সংখ্যক অথবা একই সংখ্যক পরমাণু বিভিন্নরূপে কেলাস গঠন করিয়া ধর্মের পার্থক্য ঘটায়।

ওজোন অক্সিজেনের রূপভেদ :

একটি নলে বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র অক্সিজেন পূর্ণ করিয়া নিঃশব্দ তড়িৎপাত ঘটান হইল এবং পরীক্ষা শেষে পটাশিয়ম আয়োডাইড ও স্টার্চ দ্রবণযুক্ত একটি ফিল্টার কাগজ প্রবেশ করান হইল ; দেখা যায় যে কাগজটি নীলবর্ণ ধারণ করে। পরীক্ষার ফলে ইহাই প্রমাণিত হয় যে অক্সিজেন ওজোনে রূপান্তরিত হইয়াছে (কারণ, অক্সিজেন আয়োডাইডযুক্ত স্টার্চ দ্রবণকে নীল করে না)। অতএব, সিদ্ধান্ত করা যায় যে কেবলমাত্র অক্সিজেন হইতেই ওজোনের উদ্ভব হয়।

এখন সমগ্র নলটিকে 300° C উত্তপ্ত করা হইল। নলটিকে পরে শীতল করিয়া পুনর্বার স্টার্চ আয়োডাইড লিপ্ত একটি ফিল্টার কাগজ প্রবেশ করান হইল। দেখা যায় যে, কাগজটির কোন পরিবর্তন ঘটে না। অর্থাৎ ওজোন সম্পূর্ণরূপে বিয়োজিত হইয়াছে। এখন নলটিতে কিছু ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণ যোগ করিয়া ঝাঁকাইয়া একটি জলপূর্ণ পাত্রের উপর উপুড় করিয়া দিলে সমস্ত নলটি জলে পূর্ণ হইয়া যায়। এই পরীক্ষায় ইহাই প্রমাণিত হয় যে ওজোন বিয়োজিত হইয়া কেবলমাত্র অক্সিজেনই উৎপন্ন করে। O_3-কে O_2-এ এবং O_2-কে O_3-এ পরিবর্তন করা যায় কিন্তু ইহাতে ভরের পরিবর্তন ঘটে না। সুতরাং অক্সিজেন ও ওজোন একই মৌলের বিভিন্ন রূপ ভেদ মাত্র।

ওজোন ও অক্সিজেনের ধর্মের তুলনা

	O_2	O_3
অবস্থা, বর্ণ, গন্ধ	গ্যাস, বর্ণহীন, গন্ধহীন	গ্যাস, নীলাভ বর্ণযুক্ত মৎস্য গন্ধযুক্ত
ঘনত্ব (H=1)	16	24
দ্রাব্যতা	টার্পিন তেলে অদ্রাব্য জলে সামান্য দ্রাব্য	টার্পিন তেলে দ্রাব্য জলে অধিকতর দ্রাব্য
তাপের প্রভাব	কোন ক্রিয়া নাই	O_2-এ বিয়োজন বটে
সাধারণ তাপমাত্রায় পারদের উপর ক্রিয়া	কোন ক্রিয়া নাই	তারল্য নষ্ট নয় ; Hg_2O গঠিত হয়
রবারের উপর ক্রিয়া	কোন ক্রিয়া নাই	রবার আক্রান্ত হয় ; নমনীয়তা বিনষ্ট হয়
KI-র সহিত বিক্রিয়া	I_2 সির্গত হয় না	I_2 নির্গত করে
জারণ ধর্ম	জারক পদার্থ	অনেক বেশী শক্তিশালী জারক পদার্থ

হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড ও ওজোনের ধর্মের তুলনা

	ওজোন	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড
অবস্থা, গন্ধ, বর্ণ	গ্যাস, ঈষৎ নীলবর্ণের মৎস্য গন্ধযুক্ত	তরল, নীলাভ, নাইট্রিক অ্যাসিডের মত তীব্র গন্ধযুক্ত
লিটমাস দ্রবণ	প্রশম	মৃদু অ্যাসিড
স্থায়িত্ব	অস্থায়ী, ধীরে ধীরে অক্সিজেনে বিযোজিত হয়	অস্থায়ী ; আস্তে আস্তে বিযোজিত হইয়া জল ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে।
পারদের সহিত বিক্রিয়া	পারদের তারল্য নষ্ট হইয়া যায় ; উহা কাচে আটকাইয়া যায়	কোন বিক্রিয়া নাই
জারণ ধর্ম	শক্তিশালী জারক ; KI হইতে I_2 নির্গত করে	শক্তিশালী জারক ; KI হইতে I_2 নির্গত করে।

	ওজোন	হাইড্রোজেন পার-অক্সাইড
বিজারণ ধর্ম	বিজারক হিসাবে বিক্রিয়া করিয়া থাকে $H_2O_2+O_3=H_2O+2O_2$	বিজারক হিসাবে বিক্রিয়া করিয়া থাকে $Ag_2O+H_2O_2=2Ag+H_2O+O_2$
টেট্টামিথাইল বেসের অ্যালকোহলীয় দ্রবণের সহিত ক্রিয়া	গোলাপী বা বাদামী বর্ণ উৎপন্ন হয়	কোন বিক্রিয়া নাই
বেঞ্জিডিন সিক্ত কাগজের সহিত বিক্রিয়া	বাদামী বর্ণ উৎপন্ন হয়	কোন বিক্রয়া নাই
ম্যাঙ্গানিজ ক্লোরাইড সিক্ত কাগজের সহিত বিক্রিয়া	বাদামী বর্ণ উৎপন্ন হয়	কোন বিক্রিয়া নাই
$FeSO_4$ ও KI-এর মিশ্রিত দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া	I_2 বিমুক্ত করে না ;	I_2 বিমুক্ত করে
অম্লীকৃত $KMnO_4$ (নারঙ্গ বর্ণ) এর সহিত বিক্রিয়া	কোন পরিবর্তন হয় না	দ্রবণটি বর্ণহীন হইয়া যায়
অম্লীকৃত $K_2Cr_2O_7$ (কমলা-লেবুর রং) এর ও ইথারের সহিত বিক্রিয়া	কোন পরিবর্তন হয় না	ইথার স্তর গাঢ় নীলবর্ণ হয়
অম্লীকৃত টাইটেনিয়াম দ্রবণের (বর্ণহীন) সহিত বিক্রিয়া	কোন পরিবর্তন হয় না	দ্রবণ কমলা বর্ণ ধারণ করে
বিরঞ্জন ধর্ম	জারণ বিক্রিয়ায় উদ্ভিজ্জ রং বর্ণহীন করে।	জারণ বিক্রিয়ায় উল, সিল্ক ইত্যাদি বর্ণহীন করে।
যুতযৌগ গঠন	জৈব যৌগের সহিত যুতযৌগ গঠন করে। যেমন ইথিলীন ওজোনাইড।	অজৈব যৌগের সহিত যুতযৌগ গঠন করে। যেমন, KF, H_2O_2।

অনুশীলনী

1. পরীক্ষাগারে কিরূপে অক্সিজেন প্রস্তুত হয় তাহা একটি চিত্র সহ বর্ণনা কর। পরীক্ষাগারে অক্সিজেন প্রস্তুতিকালে ম্যাঙ্গনীজ ডায়ক্সাইড কেন ব্যবহার করা হয়? প্রভাবক কাহাকে বলে?

2. লেড নাইট্রেট হইতে অক্সিজেন কিরূপে প্রস্তুত হয় তাহা সমীকরণ ও চিত্রসহ বর্ণনা কর।

3. একই অক্সাইড কোনো সময়ে অম্লধর্মী ও কোনো সময়ে ক্ষারধর্মী হইয়া যে লবণ উৎপাদন করিতে পারে তাহা উদাহরণ সহ প্রমাণ কর।

4. অধিক পরিমাণে অক্সিজেন কিরূপে প্রস্তুত হয়?

অক্সিজেন শব্দটির অর্থ "অম্ল উৎপাদক"—উক্তিটির সমর্থমে দুইটি উদাহরণ দাও এবং অপর দুইটি উদাহরণ দ্বারা উক্তিটি যে বিভ্রান্তিকর তাহা প্রমাণ কর।

5. অক্সিজেন কিরূপে প্রস্তুত হয়? বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহাকে কিরূপে পাওয়া যায়? ইহার ধর্মগুলি কি?

6. সোডিয়াম পারক্সাইড হইতে কিরূপে অক্সিজেন পাওয়া যায়? ব্যবহৃত যন্ত্রের চিত্র অঙ্কণ কর।

7. তরল বায়ু হইতে অক্সিজেনের শিল্প প্রস্তুতি সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বর্ণনা লিখ।

8. একটি শক্ত কাঁচের টেষ্ট টিউবে মার্কিউরিক অক্সাইড লইয়া খুব গরম করিলে একটি গ্যাস পাওয়া যায়। গ্যাসটি কি? পরীক্ষাগারে পটাশিয়ম ক্লোরেট হইতে কিরূপে গ্যাসটি প্রস্তুত হয় এবং উহার সহিত ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইড কেন মিশান হয় তাহা বিশদভাবে ব্যাখ্যা কর। চারিটি পরীক্ষা দ্বারা দেখাও যে গ্যাসটি দহন ক্রিয়ার সহায়ক এবং প্রতিক্ষেত্রেই জারক ধর্মী। সমীকরণ দাও।-

9. এরূপ তিনটি পদার্থের উদাহরণ দাও যাহাদিগকে এককভাবে বা অন্য কোন পদার্থের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে অক্সিজেন পাওয়া যায়।

পরীক্ষাগারে ইহার কোন একটি পদার্থের সহিত কিরূপে অক্সিজেন গ্যাস প্রস্তুত করা হয় তাহা বর্ণনা কর।

অক্সিজেনকে কিরূপে (ক) আম্লিক অক্সাইড, (খ) ক্ষারীয় অক্সাইড, (গ) অদ্রাব্য ক্ষারকীয় অক্সাইডে পরিণত করা যায়? ইহার শ্রেণীভাগের কারণ দাও।

10. নিম্নলিখিত বিষয়গুলি সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত টিকা লিখ;

আম্লিক অক্সাইড, ক্ষারকীয় অক্সাইড

11. হাইড্রাজেন উৎপাদনের সাধারণ প্রণালীগুলি সমীকরণসহ বর্ণনা কর। হাইড্রোজেন উৎপাদনের যে কোনো একটি প্রণালীর চিত্র অঙ্কনসহ বর্ণনা কর।

12. হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন সংযোগে জল উৎপন্ন হইবার শর্ত কি? ক্ষার হইতে কিরূপে হাইড্রোজেন প্রস্তুত করা সম্ভব।

13. হাইড্রোজেন গ্যাসকে পাত্রান্তর করিলে উহা ঊর্দ্ধমুখী হয় কেন? হাইড্রোজেন বেলুনউডডয়নের কার্যে কেন ব্যইহৃত হয়?

14. কোন্ কোন্ ধাতু কিরূপ অবস্থায় জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোজেন উৎপাদন করে? জায়মান হাইড্রোজেন কি, ও উহার ধর্ম কি? 'মৌলের জায়মান অবস্থা' বলিতে কি বুঝায়? জায়মান মৌল অধিক সক্রিয়, ইহা কিরূপে প্রমাণ করা যায় ও এইরূপ সক্রিয়তায় ব্যাখ্যা কি?

সাধারণ হাইড্রোজেন অপেক্ষা জায়মান হাইড্রোজেন যে অধিকতর শক্তিশালী বিজারক পদার্থ তাহা কিরূপে প্রমাণ করিবে?

15. সাধারণ Zn ও H_2SO_4 হইতে উৎপন্ন হাইড্রোজেনকে কিরূপে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া সম্ভব? হাইড্রোজেনের সংগ্রহ ও দহনকালে কি সতর্কতা আবশ্যক? 'অন্তর্ধৃত হাইড্রোজেন' কি?

রাসায়নিক বিক্রিয়ক ভিন্ন কিরূপে জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করা যায়? NaOH যে একটি H ঘটিত যৌগিক, ইহা কিরূপে প্রমাণ করা যায়?

16. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ :—

হাইড্রোজেনের ব্যবহার, হাইড্রোজেনের বিজারক ধর্ম, ডয়টেরিয়াম, অর্থো ও প্যারা-হাইড্রোজেন, এবং সক্রিয় হাইড্রোজেন।

17. নদীজল প্রভৃতি সাধারণ প্রাকৃতিক জলের সহিত কোন্ কোন্ কলুষ পদার্থ সাধারণতঃ মিশ্রিত থাকে? এই কলুষ পদার্থগুলির উপস্থিতি কি প্রকারে পরীক্ষায় সাহায্যে নির্ণয় করা যায়? নদীজল ও সমুদ্রজল হইতে কি প্রকারে বিশুদ্ধ জল প্রস্তুত করা যায়? সাধারণ কলের জল ও পাতিত জলে প্রভেদ কি?

18. ষ্টীমের আয়তনিক সংযুতি নির্ধারণের একটি প্রণালী চিত্রসহ বর্ণনা কর।

19. জলের মধ্যে হাইড্রোজেন অক্সিজেন আছে, কিরূপে প্রমাণ করা যাইবে? ইহাতে যে যন্ত্রের প্রয়োজন চিত্রাঙ্কন সাহায্যে তাহার বিশদ বিবরণ দাও।

20. নিম্নোক্ত পদার্থগুলি কিরূপ অবস্থায় জলের সহিত বিক্রিয়া করিবে, তাহা সমীকরণসহ বিবৃত কর :—

Na, Fe, চারকোল, Mg, Na_2O_2, CaC_2, P_2O_5, K, Al, Ca-এবং ক্লোরিন।

21. জলের খরতার কারণ কি? নিম্নোক্ত জলগুলি খরজল অথবা মৃদুজল তাহা বল :—

নদীজল, কুপ-জল, আংশিক হিমীভূত সমুদ্রজল হইতে প্রাপ্ত সমুদ্রজল ও বৃষ্টিজল।

22. 'জলের বিশুদ্ধতা' অর্থে কি বুঝায়? প্রাকৃতিক জলগুলিকে বিশুদ্ধতা অনুপাতে শ্রেণীবদ্ধ কর। কিরূপ কলুষ পদার্থ জলে থাকিলে জল বিভিন্ন কার্যে ব্যবহারের অনুপযোগী হইয়া থাকে? সুপেয় জলের প্রকৃতি কিরূপ?

পানের যোগ্য জল এবং শিল্পক্ষেত্রে ব্যবহারযোগ্য জল কিরূপে শোধিত জল হইতে পাওয়া যায়? কলিকাতায় পানীয় জল কিরূপে শোধিত হইয়া থাকে?

23. সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ—খরজল ও মৃদু জল।

24. পার-অক্সাইড কাহাকে বলে? BaO_2-কে বেরিয়াম পার-অক্সাইড বলা হয় কিন্তু MnO_2-কে ম্যাঙ্গানিজ পার-অক্সাইড বলা হয় না কেন?

25. পরীক্ষাগারে H_2O_2 কিরূপে প্রস্তুত হয়? নিম্নলিখিতগুলির উপর H_2O_2-এর বিক্রিয়া সমীকরণসহ লিখ : KI, PbS, অম্লীকৃত $KMnO_4$ দ্রবণ, H_2S, O_3, $K_2Cr_2O_7$, Ag_2O

26. H_2O_2-এর শিল্প প্রস্তুতি কিরূপে হইয়া থাকে? বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি লিখ। গাঢ় H_2O_2 কিরূপে প্রস্তুত হয়? 'H_2O_2 জারণ ও বিজারণ উভয় ক্রিয়াই করে' উদাহরণসহ ব্যাখ্যা কর।

27. মার্কের পার-হাইড্রল প্রণালী ব্যাখ্যা কর, বিশুদ্ধ H_2O_2 কিরূপে প্রস্তুত হয়?

10-আয়তন H_2O_2 দ্রবণ বলিতে কি বুঝায়? উহাকে % শক্তি মাত্রায় প্রকাশ কর।

(N) H_2O_2 দ্রবণকে আয়তন শক্তি মাত্রায় প্রকাশ কর [5·6]।

28। কি ঘটনা লক্ষ্য করা যায় যদি :

H_2O_2 উত্তপ্ত করা হয়; অম্লীকৃত KI দ্রবণে H_2O_2 যোগ করা হয়; PbS-এর সহিত H_2O_2 এর বিক্রিয়া ঘটান হয়; সমীকরণসহ ব্যাখ্যা কর। H_2O_2-এর ব্যবহার সম্বন্ধে যাহা জান লিখ।

29. মৌলের রূপভেদ বলিতে কি বুঝ? অক্সিজেনের রূপভেদ কি? উহা কিরূপে প্রস্তুত হয়? উহার কয়েকটি রাসায়নিক ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে আলোচনা কর।

30. পরীক্ষাদ্বারা প্রমাণ কর যে ওজোন অক্সিজেন অপেক্ষা অধিকতর ক্রিয়াশীল (প্রয়োজন অনুযায়ী সমীকরণ দাও)।

31. অক্সিজেন ও ওজোনের ধর্মের তুলনা কর।

32. H_2O_2 এবং O_3-র ধর্মের তুলনা কর।

দ্বিতীয় পরিচ্ছেদ

প্রথম অধ্যায়

বায়ুমণ্ডল (Atmosphere)

বায়ু (Air)

✓ ভূপৃষ্ঠের চারিদিক পরিবেষ্টন করিয়া এক অদৃশ্য গ্যাসীয় আবরণ রহিয়াছে। এই 'হাওয়ার চাদরের' নাম বায়ুমণ্ডল। বায়ুমণ্ডল পৃথিবীর একটি আচ্ছাদন বিশেষ। ইহা ভূপৃষ্ঠের উর্ধ্বে কতদূর বিস্তৃত তাহা লইয়া বিজ্ঞানীরা একমত নহেন। ভূত্বকের অব্যবহিত কাছাকাছি বায়ুমণ্ডল খুব ঘন ও ভারী ; যতই উপরে উঠা যায়, বায়ুস্তর ক্রমশঃ হাল্‌কা ও পাতলা হইতে থাকে ; ভূপৃষ্ঠের প্রায় 516 কিলোমিটার পর্যন্ত ইহা পাতলা হইতে হইতে মহাশূন্যে বিলীন হইয়া গিয়াছে। এই বায়ুমণ্ডল পৃথিবীর আকর্ষণের জন্যই ইহার সহিত লাগিয়া আছে এবং পৃথিবীর সঙ্গে সঙ্গে আবর্তিত হইতেছে। বায়ু বলিতে বুঝায় বায়ুমণ্ডলের এক অংশকে—যেমন এক লিটার বায়ু —এক লিটার বায়ুমণ্ডল নয়।

প্রাচীন বৈজ্ঞানিকেরা বায়ুকে একটি মৌলিক পদার্থরূপে গণ্য করিতেন এবং প্রাচীন বিজ্ঞানে 'বায়ু' (air) কথাটি সাধারণতঃ আধুনিক 'গ্যাস' শব্দের পরিবর্তে যথেচ্ছ ব্যবহৃত হইত।

'বায়ু একটি মিশ্র পদার্থ' ল্যাভোয়াসিয়ে ও অন্যান্য বৈজ্ঞানিকেরা তাহা প্রমাণ করেন।

বায়ু মূলতঃ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন গ্যাসের সামান্য মিশ্র, এই দুইটি প্রধান উপাদানের সহিত জলীয় বাষ্প, কার্বন ডায়কসাইড, নিষ্ক্রিয় গ্যাস—আর্গন প্রভৃতি এবং ধূলিকণাও মিশ্রিত থাকে। বায়ু সামান্য মিশ্র বলিয়া বিভিন্ন স্থানের বায়ুতে উপাদানগুলির মাত্রার অল্পবিস্তর প্রভেদ দেখা যায়।

বায়ুর উপাদান ঃ

প্রতি একশত আয়তন বায়ুতে, উহার উপাদানগুলির গড় আয়তন নিম্নরূপ—

অক্সিজেন—	20·60 আয়তন	
নাইট্রোজেন—	77·16	„
জলীয় বাষ্প—	1·40	„ (পরিবর্তনশীল)
আর্গন, হিলিয়ম, ক্রিপ্টন, জেনন প্রভৃতি বিরল গ্যাস সমূহ ঃ	·80	„
কার্বন ডায়কসাইড—	·04	„
	100·00	„

ইহা ছাড়া স্থানভেদে (শিল্প অধ্যুষিত অঞ্চলে) বায়ুর মধ্যে অতি অল্পমাত্রায় ওজোন, নাইট্রিক ও নাইট্রাস অ্যাসিড, অ্যামোনিয়া, হাইড্রোজেন পারক্সাইড, সালফার ডায়ক্সাইড ও সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন প্রভৃতি গ্যাস বর্তমান থাকিতে পারে।

রসায়নে সাধারণ হিসাবে অনার্দ্র বায়ুকে নিম্নলিখিত তিনটি উপাদানের সামান্য মিশ্র বলিয়া বিবেচনা করা হয়—

	ওজন অনুপাতে	আয়তন অনুপাতে
নাইট্রোজেন—	75·5%	78·11%
অক্সিজেন—	23·2%	20·96%
নিষ্ক্রিয় গ্যাসসমূহ—	1·3%	·93%

বায়ূর উপাদান ও ল্যাভোয়াসিয়ের পরীক্ষা :—

ল্যাভোয়াসিয়েই প্রথম নিশ্চিতরূপে প্রমাণ করেন যে, বায়ু 4 ভাগ নাইট্রোজেন ও 1 ভাগ অক্সিজেনের সামান্য মিশ্র। নিম্নে ল্যাভোয়াসিয়ের ঐতিহাসিক পরীক্ষাগুলির বর্ণনা করা হইল।

প্রথম পরীক্ষা : একটি ওজন করা বকযন্ত্রে (retort) কিছু নির্দিষ্ট ওজনের টিন লইয়া ল্যাভোয়াসিয়ে বকযন্ত্রটির মুখ-বন্ধ করিয়া যন্ত্রটিকে দীর্ঘ সময় উত্তপ্ত করেন ও লক্ষ্য করেন যে রূপার ন্যায় উজ্জ্বল ধাতব টিনের ধীরে ধীরে রূপান্তর ঘটে ও উহা একটি কৃষ্ণবর্ণ কঠিন পদার্থে পরিবর্তিত হয়। উত্তাপ শেষে যন্ত্রটিকে শীতল করিয়া ওজন করিলে মোট ওজনের কোনো পার্থক্য লক্ষিত হয় না। এখন বক যন্ত্রটির মুখ পুনরায় উন্মুক্ত করিলে বাহির হইতে বায়ু প্রবেশ করে ; টিনসহ বকযন্ত্রটির ওজন বৃদ্ধি পায় এবং রূপান্তরিত কৃষ্ণবর্ণ পদার্থটির ওজনও গৃহীত টিনের ওজন অপেক্ষা বেশী হয়। ল্যাভোয়াসিয়ে পরীক্ষার দ্বারা প্রমাণ করেন যে, টিনের বর্ধিত ওজন ও সমগ্র যন্ত্রটির মোট বর্ধিত ওজন (বায়ু প্রবিষ্ট হওয়ার পরে) সমান।

ল্যাভোয়াসিয়ে ইহাও প্রমাণ করেন যে, আবদ্ধ বকযন্ত্রের মধ্যস্থ বায়ুর সমগ্র অংশই টিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কৃষ্ণবর্ণ কঠিন পদার্থ উৎপন্ন করেনা ; মাত্র একটি অংশ বিক্রিয়া করে ; বিক্রিয়াশেষে অবশিষ্ট যে গ্যাস পড়িয়া থাকে উহা প্রবল উত্তাপেও টিনের সহিত বিক্রিয়া করে না। ল্যাভোয়াসিয়ে এই অবশিষ্ট গ্যাসের পরিমাণও নির্ধারণ করেন।

উপরোক্ত পরীক্ষার ফল হইতে ল্যাভোয়াসিয়ে নিম্নোক্ত সিদ্ধান্তগুলি গ্রহণ করেন—

(১) বায়ুর একাংশ টিনের দহনকালে টিনের সহিত সংযুক্ত হইয়া টিনের ওজন বৃদ্ধি করে ;

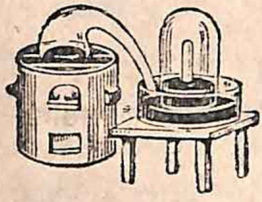
(২) বায়ুর সমগ্র অংশ টিনের সহিত বিক্রিয়া করে না এবং কিছু অবশিষ্ট অংশ থাকে ;

(৩) দহনকালে টিনের ওজনবৃদ্ধি যে অনুপাতে ঘটে, বকযন্ত্রের মধ্যের আবদ্ধ বায়ুর ওজন সেই অনুপাতে হ্রাস পাইয়া থাকে।

(৪) উপসংহারে, বায়ু অন্ততঃ দুইটি গ্যাসের মিশ্র এবং ইহাদের মাত্র একটিই দহনকালে টিনধাতুর সহিত যুক্ত হয়।

দ্বিতীয় পরীক্ষা ঃ

ল্যাভোয়াসিয়ে, তাঁহার আদি পরীক্ষা অনুযায়ী একটি কাঁচনির্মিত লম্বাগ্রীবাযুক্ত বকযন্ত্রে 4 আউন্স পারদ লন। বকযন্ত্রটির লম্বা গ্রীবা একটি বেলজারের নীচে স্থাপন করা হইল (চিত্র ১৭)। বেলজারটি একটি পারদাধারের উপর উপুড় করা থাকে এবং উহার মধ্যে কিছু নির্দিষ্ট পরিমাণ বায়ু থাকে। বেলজারের বায়ুর সহিত বকযন্ত্রের বায়ুর যোগাযোগ আছে—বাহিরের বাতাসের সহিত নয়। এখন বকযন্ত্রটি একটি চুল্লীতে স্থাপন করিয়া পারদের স্ফুটনাংকের উষ্ণতায় ক্রমাগত উত্তপ্ত করিতে থাকেন। প্রথমতঃ বকযন্ত্রটির মধ্যস্থ পারদ তলের উপর কিছু ভাসমান লাল পদার্থ দেখা দেয় ; বেলজারের মধ্যস্থ বায়ুর আয়তন কমিয়া যায় এবং বেলজারের মধ্যে পারদতল ক্রমশঃ উপরে উঠিতে থাকে। একটানা 12 দিন উত্তপ্ত করার পরে দেখা যায় বেলজারের মধ্যস্থ বায়ুর আয়তন আর কমে না এবং অবশিষ্ট বায়ুকে শীতল করিয়া পরিমাপ করিলে, পূর্বের বায়ুর সহিত তুলনা করিয়া দেখা যায় যে, সমগ্র বায়ুর প্রায় $\frac{1}{5}$ অংশ কমিয়া গিয়াছে। [বেলজার ও বকযন্ত্রের বায়ুর মোট আয়তন ছিল 50 ঘন ইঞ্চি, কমিয়া হইয়াছিল 42 ঘন ইঞ্চি]

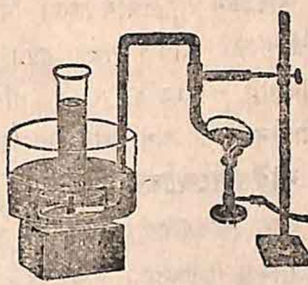


চিত্র, ১৭—ল্যাভোয়াসিয়ের আদি পরীক্ষা

বায়ুর যে অবশিষ্ট অংশ বেলজারে পড়িয়া থাকে, উহা পারদ দ্বারা শোষিত হয় না এবং উহাতে জ্বলন্ত বাতি প্রবেশ করাইলে নিভিয়া যায় ও কোন ক্ষুদ্র জীবন্ত প্রাণী প্রবেশ করাইলে উহার শ্বাসরোধ হইয়া মৃত্যু ঘটিয়া থাকে। ল্যাভোয়াসিয়ে এই অবশিষ্ট বায়ুকে 'অ্যাজোট' (a = no, zoo = life) নামে অভিহিত করেন।

অতঃপর তিনি পারদতলের উপর ভাসমান লাল পদার্থটি (ওজন প্রায় 45 গ্রেণ) লইয়া তীব্র উত্তাপ দিয়া দেখিলেন যে, ঐ পদার্থ হইতে একটি গ্যাস নির্গত হয়, এবং লাল সরটি পুনঃ পারদের পরিণত হয় (ওজন 41·5 গ্রেণ)। ল্যাভোয়াসিয়ে এই গ্যাসকে একটি পারদপূর্ণ গ্যাসজারে যথারীতি সংগ্রহ করেন (চিত্র, ১৮) ও

প্রমাণ করেন যে নির্গত গ্যাসের পরিমাণ ও বেলজার হইতে হ্রাসপ্রাপ্ত বায়ুর পরিমাণ সমান এবং এই গ্যাসে একটি জ্বলন্ত বাতি উজ্জ্বলতর হইয়া জ্বলিতে থাকে। ল্যাভোয়াসিয়ে এই গ্যাসকে প্রথমতঃ 'প্রাণবায়ু' (vital air) ও পরে অক্সিজেন (Oxygen) নামে অভিহিত করেন।



চিত্র, ১৮—ল্যাভোয়াসিয়ের পরীক্ষা

পূর্বোক্ত পরীক্ষা দুইটি হইতে ল্যাভোয়াসিয়ে প্রমাণ করেন যে—

(১) বায়ু প্রধানতঃ দুইটি গ্যাসের সমষ্টি, এই গ্যাস দুইটি—অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন,

(২) বায়ুর উপাদান গ্যাস দুইটির প্রকৃতি বিভিন্ন,

(৩) বায়ুর আয়তনের $\frac{1}{5}$ অংশ অক্সিজেন ও অবশিষ্টাংশ নাইট্রোজেন এবং

(৪) বায়ুর অক্সিজেন উপাদানই কেবলমাত্র ধাতুর দহন ক্রিয়ায় সক্রিয় অংশ গ্রহণ করে।

ঐতিহাসিক মূল্যের দিক বাদ দিলেও ল্যাভোয়াসিয়ের পরীক্ষার বিশেষ তাৎপর্য রহিয়াছে:

(i) রাসায়নিক পরীক্ষায় ওজন বা তুলাদণ্ডের ব্যবহরের গুরুত্ব স্বীকৃত হইল,

(ii) 'দহন' সম্বন্ধে বৈজ্ঞানিক ব্যাখ্যা মিলিল,

(iii) 'জড়ের নিত্যতা' সূত্রের আরও প্রমাণ পাওয়া গেল,

বায়ুর উপাদান সমুহের ধর্ম :

বায়ুর প্রধান উপাদান চারিটি—(১) অক্সিজেন, (২) নাইট্রোজেন, (৩) জলীয় বাষ্প ও (৪) কার্বন-ডায়ক্সাইড। নিম্নলিখিত উপায়ে উহাদের পরীক্ষা করা যায় –

অক্সিজেনের নিরীক্ষা :

(i) একটি নাইট্রিক অক্সাইড পূর্ণ গ্যাসজার বায়ুতে উন্মুক্ত করিলে উহা লাল-বাদামী রং ধারণ করে ; বায়ুতে অক্সিজেন থাকায় নাইট্রিক অক্সাইড উহার সহিত বিক্রিয়া করিয়া লাল-বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডায়ক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে। এইরূপে বায়ুতে অক্সিজেনের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়।

(ii) কিছু মার্কারী বায়ুতে দীর্ঘ সময় ধরিয়া উত্তপ্ত করিলে লাল মার্কিউরিক অক্সাইড উৎপন্ন হয়। বায়ুতে অক্সিজেন থাকার জন্যই উপরোক্ত পরিবর্তন ঘটে। এইরূপে বায়ুতে অক্সিজেনের উপস্থিতি প্রমাণিত হয়।

অক্সিজেনের উপযোগিতা

অক্সিজেন শ্বাসপ্রশ্বাস ক্রিয়া নির্বাহের অপরিহার্য উপাদান এবং অক্সিজেন ব্যতীত প্রাণীজগতের অস্তিত্ব সম্ভব নয়। শ্বাসপ্রশ্বাস ক্রিয়ার মাধ্যমে প্রাণীদেহে বিভিন্ন কোষগুলি জারিত হয় ও রক্ত পরিস্কৃত হয়। ইহা ছাড়া সকল প্রকার দহনের জন্যও অক্সিজেন বিশেষ অপরিহার্য উপাদান।

নাইট্রোজেনের নিরীক্ষা :

জলের অপসারণ দ্বারা একটি পাত্রে কিছু নির্দিষ্ট আয়তন বায়ু সংগ্রহ করিয়া ঐ পাত্রে কিছু ফস্‌ফোরাস দহন করিলে বায়ুস্থ অক্সিজেন দহনক্রিয়ায় ফস্‌ফোরাসের সহিত সংযুক্ত হইয়া যায় ও পাত্রে (আর্গন প্রভৃতি নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সহিত) অবশিষ্ট পড়িয়া থাকে। এই নাইট্রোজেন গ্যাস বর্ণহীন, অদাহ্য ও দহনরোধক ; তীব্র-উত্তপ্ত ম্যাগনেশিয়ম দ্বারা ইহা শোষিত হয় কিন্তু তীব্র-উত্তপ্ত CuO-এর সহিত ইহা বিক্রিয়াহীন।

নাইট্রোজেনের উপযোগিতা :

বায়ুতে নাইট্রোজেন বর্তমান থাকার জন্য, অক্সিজেনের লঘুকরণ (dilution) ঘটিয়া থাকে ; অন্যথায় বায়ুতে কেবলমাত্র অক্সিজেন থাকিলে, দহন ও জারণ ক্রিয়াগুলি অতি দ্রুত ঘটিয়া জীবজগতের পক্ষে বিপজ্জনক হইয়া উঠিত। ইহা ছাড়া নাইট্রোজেনের সাহায্যেই প্রাণী ও উদ্ভিদ-জগতের জটিল প্রোটিনগুলি সংশ্লেষিত হয়।

জলীয় বাষ্পের নিরীক্ষা :

একটি বিকারে কিছু বরফ রাখিলে কিছুক্ষণ বাদে লক্ষ্য করা যায়, বীকারের বহির্গাত্রে সূক্ষ্ম জলকণা জমে। বায়ুস্থ জলীয় বাষ্প শীতল পাত্রের গাত্রে আসিয়া ঘনীভূত হওয়ার ফলেই এইরূপ ঘটে। ইহা ছাড়া শিশির, কুয়াসা, মেঘ প্রভৃতির উৎপত্তি ও গলিত (fused)-$CaCl_2$-এর বায়ু সংস্পর্শে উদ্‌গ্রাহীতার ধর্ম প্রভৃতিও বাতাসে জলীয় বাষ্পের অস্তিত্বের নিশ্চিত প্রমাণ।

জলীয় বাষ্পের উপযোগিতা :

(i) জলীয় বাষ্পের অস্তিত্বের জন্য বায়ুতে দ্রুত বাষ্পীভবন ক্রিয়া আংশিকরূপে প্রশমিত হয়।

(ii) বায়ুতে জলীয় বাষ্প বর্তমান থাকার জন্যই মেঘ, বৃষ্টি প্রভৃতি সম্ভব হয় এবং প্রাণীজগতে জীবনযাত্রা সুষ্ঠুরূপে নির্বাহ হয়।

কার্বন ডায়ক্সাইডের নিরীক্ষা :

একটি পাত্রে কিছু পরিষ্কার চুণের জল লইয়া বায়ুতে উন্মুক্ত করিয়া রাখিলে উহা কিছুক্ষণ বাদে ঘোলা হইয়া যায় ও চুণের জলের উপর সাদা স্তর উৎপন্ন হয়। বায়ুস্থ

কার্বন ডায়ক্সাইডের সহিত চুণের জলের বিক্রিয়া ঘটিয়া অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম কার্বনেট উৎপন্ন হওয়ার জন্যই এইরূপ ঘটিয়া থাকে।

$$Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

কার্বন ডায়ক্সাইডের উপযোগিতা :

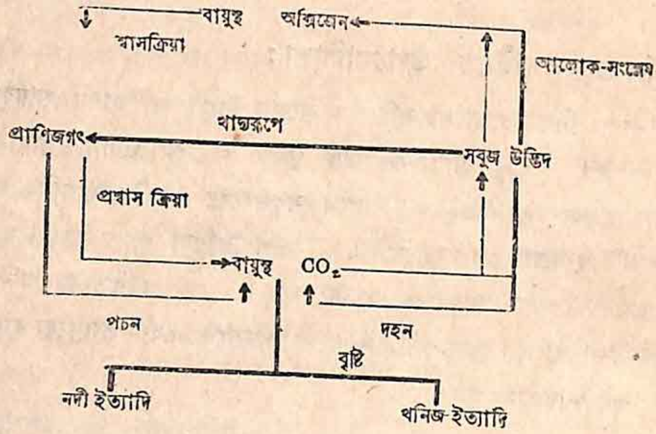
প্রাণিজগৎ নিশ্বাসপ্রশ্বাসের সহিত অক্সিজেন গ্রহণ ও কার্বন ডায়ক্সাইড ত্যাগ করিয়া থাকে। CO_2 উদ্ভিদ্‌-জগতের পুষ্টির অন্যতম প্রধান উপাদান। উদ্ভিদের মধ্যে ক্লোরোফিল (chlorophyll) নামে সবুজবর্ণের একটি রাসায়নিক পদার্থ থাকে। এই পদার্থটি সূর্যালোকের মাধ্যমে CO_2 গ্রহণ করিয়া জলের সহযোগে শর্করাজাতীয় খাদ্য প্রস্তুত করে ও অক্সিজেন ত্যাগ করে। এই পরিত্যক্ত অক্সিজেন আবার বায়ুতে ফিরিয়া আসে। ফলে উদ্ভিদ্ ও প্রাণিজগতের যৌথ সাহায্যে বায়ুতে অক্সিজেন ও CO_2-এর ভারসাম্য থাকে।

প্রাণী ও উদ্ভিদ জগতে বায়ুর ভূমিকা :

কোন শীতল পাত্রে যেমন আয়না প্রভৃতিতে, প্রশ্বাস ত্যাগ করিলে আমরা লক্ষ্য করিয়া থাকি যে পাত্রের গায়ে সূক্ষ্ম জলকণা জমে। প্রশ্বাসের সহিত জলীয় বাষ্প নির্গত হওয়ার ফলেই এরূপ ঘটে। পরিষ্কার চুণের জলের উপর প্রশ্বাস ত্যাগ করিলে চুণের জল ঘোলা হয় ও এইরূপে প্রশ্বাসে CO_2-এর অস্তিত্ব প্রমাণিত হয়। কেবলমাত্র মানবদেহের শ্বাসপ্রশ্বাস নয়, সকল প্রাণীই শ্বাসগ্রহণে বায়ুর অক্সিজেন অংশ গ্রহণ করে ও প্রশ্বাসে CO_2 ত্যাগ করে। এই প্রশ্বাস পরিত্যক্ত CO_2 ছাড়া পৃথিবীতে নানা বস্তুর দহনেও অবিরত প্রচুর পরিমাণে O_2 ব্যয়িত হয় ও CO_2 উৎপন্ন হয়। স্বতঃই বুঝা যায় যে, এই CO_2 ক্রমান্বয়ে জমিতে থাকিলে প্রাণিজগতের প্রাণক্রিয়া অচল হইয়া যাইত। কিন্তু প্রাকৃতিক নিয়মে অক্সিজেনের এই ঘাটতি উদ্ভিদজগতের দ্বারা পূরণ হইয়া প্রাকৃতিক অক্সিজেনের মাত্রা নিত্য থাকে।

উদ্ভিদ্‌জগৎ ক্লোরোফিল ও সূর্যালোকের সাহায্যে CO_2 গ্রহণ করিয়া জলের সহযোগে শর্করাজাতীয় খাদ্য প্রস্তুত করে ও অক্সিজেন বিমুক্ত করে। এইরূপে CO_2 অংশ বায়ুতে আর জমিতে পারে না।

নিম্নের রেখাচিত্রটি দ্বারা উদ্ভিদ্ ও প্রাণীজগতে বায়ুর ভূমিকা ও ভারসাম্য বুঝা যাইবে—



চিত্র ১৯—কার্বন ডাই-অক্সাইড ও অক্সিজেনের বিবর্তন চক্র

বায়ুমণ্ডলে বিরল গ্যাস সমূহ :

বাতাসে হিলিয়াম, নিয়ন, আর্গন, ক্রীপ্‌টন ও জেনন এই পাঁচটি বিরল গ্যাস বর্তমান থাকে। উহাদের পরিমাণ অত্যন্ত অল্প ; সব মিলিয়া আয়তন হিসাবে শতকরা প্রায় ·93 ভাগ। ইদানীং ইহাদের বেশ ব্যবহার হইতেছে।

নিম্ন উষ্ণতার গবেষণার কাজে, বেলুন ও বিমানে, ডুবুরীদের শ্বাস কার্যের জন্য অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিত অবস্থায় হিলিয়াম গ্যাস যথেষ্ট ব্যবহৃত হইতেছে। বৈদ্যুতিক বাতিতে, রেডিয়োর ভালভ্ ও রেক্‌টিফায়ারে আর্গন গ্যাসের ব্যবহার থাকে। দ্রুতগতি ফটোগ্রাফীতে যে ফ্লাস লাইট ব্যবহার হয় তাহাতে জেনন থাকে। খনি শ্রমিকেরা যে ক্যাপল্যাম্প ব্যবহার করে তাহাতে ক্রিপটন থাকে। বৈদ্যুতিক বাতিতে এই দুইটি গ্যাসের ব্যবহার আর্গন অপেক্ষা অধিকতর কার্যকরী। আলোক উৎপাদনে নিয়ন গ্যাসের যথেষ্ট ব্যবহার হয়। বিভিন্ন রঙের কাচের নল ব্যবহার করিয়া এবং বিভিন্ন বাষ্পের সহিত মিশিয়া নিয়ন পূর্ণ নল বিচিত্র বর্ণের আলো সৃষ্টি করিয়া থাকে। কুয়াশার ভিতর দিয়া নিয়ন আলোক দেখা যায় বলিয়া বিমান চালকগণ নিয়ন আলোককে আলোক সংকেত রূপে ব্যবহার করেন।

দ্বিতীয় অধ্যায়

নাইট্রোজেন

(Nitrogen)

চিহ্ন, N ; সংকেত ; N_2, পরমাণু ভর-সংখ্যা ; 14, পরমাণু-সংখ্যা, 7 ; ইলেকট্রন বিন্যাস : $1s^2 2s^2 2p^3$.

আবিষ্কার : 1733 খ্রীষ্টাব্দে **ড্যানিয়েল রাদারফোর্ড** প্রথম নাইট্রোজেন গ্যাস আবিষ্কার করেন ও উহা শ্বাস-প্রশ্বাস ক্রিয়ার সহায়ক নহে বলিয়া তিনি উহাকে 'ম্যাফিটিক বায়ু' (Maphitic air) বা 'বিষাক্ত বায়ু' আখ্যা দেন। 1790 খ্রীষ্টাব্দে **চ্যাপটাল** (Chaptal) সোরা বা নাইটারের উপাদানরূপে ইহা বর্তমান থাকে বলিয়া 'ম্যাফিটিক বায়ু'র পরিবর্তে নাইট্রোজেন নামটি প্রস্তাব করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব : আয়তন অনুপাতে বায়ুর $\frac{4}{5}$ অংশ মৌল নাইট্রোজেন। যৌগাবস্থায় অ্যামোনিয়া, নাইটার বা পটাশিয়ম নাইট্রেট এবং চিলি সল্টপিটার (Chile saltpetre) বা সোডিয়াম নাইট্রেট প্রভৃতি বহু যৌগিকের মধ্যে অন্যতম প্রধান উপাদানরূপে বহুল পরিমাণে নাইট্রোজেন বর্তমান থাকে। ইহা ছাড়া, উদ্ভিদ ও প্রাণীদেহের প্রোটিন প্রভৃতি জৈব যৌগের প্রধান উপাদান নাইট্রোজেন।

নাইট্রোজেনের প্রস্তুতি :

উৎস অনুপাতে নাইট্রোজেনের প্রস্তুতিকে দুইটি শ্রেণীতে ভাগ করা যায়, যথা—(১) বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি ; (২) নাইট্রোজেন-যুক্ত বিভিন্ন যৌগিক হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি।

১। বায়ু হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি :

বায়ু প্রধানতঃ নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সামান্য-মিশ্র। অতএব, বায়ু হইতে অক্সিজেন অপসারণ করিলেই নাইট্রোজেন অবশিষ্টরূপে পাওয়া যায়।

বায়ু হইতে বিভিন্ন উপায়ে অক্সিজেনকে অপসারিত করা যায়। উত্তপ্ত কপার বা ফসফোরাসের সাহায্যে অক্সিজেনকে অপসারণ করার প্রণালীই সাধারণতঃ অনুসৃত হয়।

উত্তপ্ত কপার পূর্ণ একটি নলের ভিতর দিয়া বারংবার শুষ্ক ও CO_2 বিমুক্ত বায়ু পরিচালিত করিলে অক্সিজেন কপারের সহিত যুক্ত হইয়া কপার অক্সাইডে পরিণত হয়। অবশিষ্ট যে গ্যাস বহির্গত হয় তাহাই নাইট্রোজেন।

$$2Cu + [O_2 + N_2] = 2CuO + N_2$$

২। নাইট্রোজেনের যৌগিক হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি :

অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি ঃ

জলে অ্যামোনিয়ার গাঢ় দ্রবণের সহিত ক্লোরিন বা ব্রোমিনের বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা যায়। এই প্রণালীতে নাইট্রোজেন প্রস্তুত কালে অ্যামোনিয়া সর্বদাই অতিরিক্ত পরিমাণে থাকা অবশ্য প্রয়োজন। অন্যথায়, নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড (NCl_3) নামক অতি বিস্ফোরক পদার্থ উৎপন্ন হইবার আশংকা থাকে।

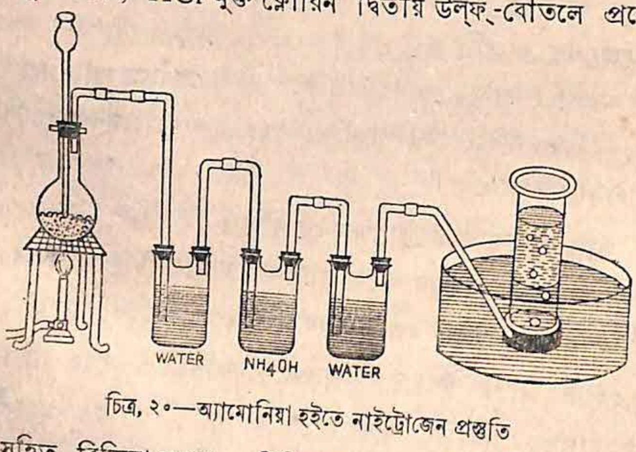
$$2NH_3+3Cl_2=N_2+6HCl\ ;\ 6NH_3+6HCl=6NH_4Cl$$
$$8NH_3+3Cl_2=N_2+6NH_4Cl\ ;\ NH_3+3Cl_2=NCl_3+3HCl$$

পরীক্ষা :

চিত্রানুযায়ী, (চিত্র. ২০) থিস্‌ল্ ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি ফ্লাস্কে কিছু ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইড চূর্ণ লইয়া উত্তপ্ত করা হয় ও ফানেল দিয়া গাঢ় HCl যোগ করা হয়। ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইড ও HCl-এর মধ্যে বিক্রিয়া ঘটিয়া ক্লোরিন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

$$MnO_2+4HCl=MnCl_2+2H_2O+Cl_2$$

এখন, উৎপন্ন ক্লোরিন-গ্যাসকে যথাক্রমে জল, গাঢ় অ্যামোনিয়া ও জল পূর্ণ তিনটি উল্‌ফ্-বোতলের মধ্য দিয়া চালিত করিলে প্রথম উল্‌ফ্-বোতলের জল ক্লোরিন হইতে HCl-কে দ্রবীভূত করে ; HCl-মুক্ত ক্লোরিন দ্বিতীয় উল্‌ফ্-বোতলে প্রবেশ করিয়া



চিত্র, ২০—অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি

অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়া করে। বিক্রিয়ার ফলে নাইট্রোজেন ও অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড উৎপন্ন হয় ; উহা তৃতীয় উল্‌ফ বোতলে চালিত হইবার কালে তৃতীয় উল্‌ফ বোতলের জলে অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড দ্রবীভূত হইয়া যায় ও অবশিষ্ট নাইট্রোজেন নির্গম নল পথে বাহির হইতে থাকে ও জলের অপসারণ দ্বারা যথারীতি সংগ্রহ করা হয়।

পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি :

পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়াম নাইট্রাইট (NH_4NO_2)-কে তাপ বিযোজন করিয়া নাইট্রোজন প্রস্তুত করা হয়।

অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও সোডিয়াম বা পটাশিয়ম নাইট্রাইটের গাঢ় দ্রবণের মিশ্রণকে 1 : 1 আণবিক ওজন অনুপাতে একটি জলগাহে মৃদুভাবে উত্তপ্ত করা হইলে—নাইট্রোজেন (ও অল্প নাইট্রিক অক্সাইড) উৎপন্ন হয়। গ্যাসের উৎপাদন শুরু হইবার সঙ্গে সঙ্গেই উত্তপ্ত করাও বন্ধ করা হয়। উৎপন্ন গ্যাসকে জলের নিম্ন অপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

$$NH_4Cl+NaNO_2=NH_4NO_2+NaCl\ ;\ NH_4NO_2=N_2+2H_2O$$

বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন প্রস্তুতি :

উপযুক্ত মাত্রায় মিশ্রিত NO ও NH_3-এর মিশ্রণকে একটি রক্তপ্ত তাম্রজালির উপর দিয়া চালনা করিলে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। এই নাইট্রোজেনকে গাঢ় H_2SO_4-এর সাহায্যে অনার্দ্র করিয়া পরে পারদের উপর সংগ্রহ করা হয় ;

$$4NH_3+6NO=5N_2+6H_2O$$

অ্যামেনিয়াম ডাইক্রোমেট $(NH_4)_2Cr_2O_7$ তাপ বিযোজনে, অ্যামোনিয়াকে ক্লোরিণ বা ব্লিচিং পাউডার দ্বারা জারণে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা যায়।

(i) $(NH_4)_2Cr_2O_7=Cr_2O_3+4H_2O+N_2$;

(ii) $3Cl_2+8NH_3=6NH_4Cl+N_2$

(iii) $3Ca(OCl)Cl+2NH_3=3CaCl_2+3H_2O+N_2$

নাইট্রোজেনের শিল্প-প্রস্তুতি :

বায়ুকে তরল করিয়া পরে তরল বায়ুকে আংশিক পাতন করিলে প্রথম পাতিত অংশে অধিকতর উদ্‌বায়ী নাইট্রোজেন পাওয়া যায়। এইরূপে সুলভে ও বহু পরিমাণে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা হয় (অক্সিজেন-অধ্যায় দ্রষ্টব্য)।

নাইট্রোজেনের ধর্ম : ভৌত ধর্মাবলী :

নাইট্রোজেন বর্ণহীন, স্বাদহীন ও গন্ধহীন গ্যাস। ইহা জলে অতি অল্প দ্রবণীয় ও বায়ু অপেক্ষা ঈষৎ হাল্‌কা। ইহার হিমাংক $-195{\cdot}8^\circ C$ ও স্ফুটনাংক $-209{\cdot}6^\circ\ C$। প্রমাণ উষ্ণতা ও চাপে 1 লিটার নাইট্রোজেনের ওজন $=1{\cdot}2506$ গ্রাম। নাইট্রোজেন বিষাক্ত নয়, তবে শ্বাসপ্রশ্বাসের সহায়ক নয়।

রাসায়নিক ধর্মাবলা :

নাইট্রোজেন নিষ্ক্রিয় গ্যাস ও সহজে অন্য মৌলের সহিত বিক্রিয়া করে না। ইহা দাহ্যও নয় বা দহনের সহায়কও নয়। তড়িৎ-স্ফুলিংগের ($3000^\circ C$) মাধ্যমে ইহা

অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া NO এবং অধিকমাত্রায় অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া NO_2 উৎপন্ন করে। ইহা উচ্চচাপে ও উষ্ণ তাপমাত্রায় (200 অ্যাটমস্ফিয়ার, 550°C) ও অনুঘটকের (লৌহচুর্ণের) উপস্থিতিতে হাইড্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া NH_3 উৎপন্ন করে। বোরন, সিলিকন, অ্যালুমিনিয়ম, লিথিয়ম প্রভৃতি মৌল উচ্চতাপমাত্রায় নাইট্রোজেনের সহিত যুক্ত হইয়া 'নাইট্রাইড, (nitride) শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে : $3Ca + N_2 = Ca_3N_2$; $3Mg + N_2 = Mg_3N_2$

নাইট্রাইড যৌগিকগুলি জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে—

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 2NH_3 + 3Mg(OH)_2$$

উত্তপ্ত ক্যালসিয়ম কার্বাইডের সংযোগে নাইট্রোজেন ক্যালসিয়ম সায়নামাইড (CaNCN) উৎপন্ন করে। $CaC_2 + N_2 = CaNCN + C$ (গ্রাফাইট),

ক্যালসিয়ম সায়নামাইড জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া গ্যাস উৎপন্ন করে :

$$CaNCN + 3H_2O = CaCO_3 + 2NH_3$$

নাইট্রোজেনের নিরীক্ষা :

(১) নাইট্রোজেন বর্ণহীন গ্যাস ও উহার সংস্পর্শে জলন্ত কাঠি নির্বাপিত হইয়া থাকে। (২) নাইট্রোজেন চুণের জল ঘোলা করে না।

(৩) নাইট্রোজেন উত্তপ্ত ম্যাগনেসিয়ম ধাতুর দ্বারা শোষিত হইয়া থাকে ; কপার দ্বারা নয়।

নাইট্রোজেনের ব্যবহার :

(১) নাইট্রোজেন অ্যামোনিয়া, নাইট্রিক অ্যাসিড, বিভিন্ন কৃত্রিম সার প্রভৃতি প্রস্তুতির জন্য ব্যবহৃত হয়।

কৃত্রিম সার প্রস্তুতিতে নাইট্রোজেন একটি অতি প্রয়োজনীয় উপাদান। বর্তমানে কৃত্রিম সারের চাহিদা নিত্যই বাড়িয়া চলিয়াছে এবং সঙ্গে সঙ্গে নাইট্রোজেন শিল্পও বিশেষ গুরুত্ব লাভ করিয়াছে।

(২) ইলেকট্রিক বাল্‌বের মধ্যে নাইট্রোজেন গ্যাস পূর্ণ করিলে বাল্‌বের স্থায়িত্বকাল বৃদ্ধি পায় বলিয়া বর্তমানে বায়ু শূন্য ইলেকট্রিক বাল্‌বের পরিবর্তে বহু ইলেকট্রিক বাল্‌বে নাইট্রোজেন গ্যাস ব্যবহৃত হয়।

(৩) উচ্চ তাপমাত্রা-মাপক তাপমান যন্ত্রের প্রস্তুতিতে নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হয়।

সক্রিয় নাইট্রোজেন (Active Nitrogen) :

নিম্নচাপে রক্ষিত নাইট্রোজেনের মধ্য দিয়া উচ্চশক্তির তড়িৎ-পাত (electric discharge) করিলে নাইট্রোজেনের রূপান্তর ঘটে ও উহা নাইট্রোজেনের একটি রূপভেদে পরিবর্তিত হয়। এই পরিবর্তিত রূপে নাইট্রোজেন অধিক সক্রিয়। ঐরূপ অবস্থায়

ইহা দীপ্তিমান হয় ও P_4, Na, Mg প্রভৃতি বহু মৌলের সহিত ও বিভিন্ন জৈব পদার্থের সহিত বিক্রিয়া করিয়া থাকে। নাইট্রোজেনের এই রূপকে 'সক্রিয় নাইট্রোজেন' আখ্যা দেওয়া হয়।

নাইট্রোজেন আবদ্ধীকরণ (Fixation of Nitrogen) :—

বর্তমানে নাইট্রোজেন যৌগের একটি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা রহিয়াছে। জনসংখ্যার বৃদ্ধিতে খাদ্যের চাহিদা বিস্তর বাড়িয়াছে। সেইজন্য জমির উৎপাদিকাশক্তি বৃদ্ধির একান্ত প্রয়োজনে নাইট্রোজেন ঘটিত সারের প্রয়োগ অপরিহার্য। জমির কিছুটা নাইট্রোজেন যৌগ জলের মাধ্যমে সাগরে অপসৃত হইতেছে এবং তাহার পরিপূরণও আবশ্যক। সমরোপকরণের অন্যতম প্রধান যে বিস্ফোরক দ্রব্য তাহার অধিকাংশই নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে উৎপাদন করা হয়। জীবনযাত্রার বহুবিধ উপকরণ প্রস্তুতিতেও নাইট্রিক অ্যাসিডের প্রয়োজন। এইসকল প্রয়োজন মিটাইতে প্রচুর পরিমাণে অ্যামো-নিয়া বা নাইট্রিক অ্যাসিড প্রভৃতি নাইট্রোজেন যৌগসমূহের প্রস্তুত করিতে হয়। প্রকৃতির দানে ইহার সঙ্কুলান হয় না এবং নাইট্রোজেনের যে অফুরন্ত উৎস বাতাস—(মোটামুটি হিসাবে 4000 বিলিয়ন টন) তাহাকে কাজে লাগানো ছাড়া গত্যন্তর নাই। বিবিধ রাসায়নিক প্রক্রিয়ায় বাতাসের নাইট্রোজেনকে নাইট্রোজেন যৌগে পরিণত করাকে বলা হয় **"নাইট্রোজেন আবদ্ধীকরণ"**। সাধারণতঃ নিম্নোক্ত প্রক্রিয়ার সাহায্যে 'নাইট্রোজেন আবদ্ধীকরণ' নিষ্পন্ন হয়।

১। **সাইনামাইড** (Cyanamide) **প্রণালী :**

ক্যালসিয়াম কার্বাইডকে (CaC_2) নাইট্রোজেনে উত্তপ্ত (1100°C) করিলে ক্যালসিয়াম সায়নামাইড বা নাইট্রোলিম (CaNCN) পাওয়া যায়। নাইট্রোলিমের [6 বায়ু মণ্ডলীয় চাপে 110° – 115°C তাপমাত্রায়] আর্দ্র বিশ্লেষণে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয় :

$$CaC_2+N_2=CaCN_2+C,\ CaCN_2+3H_2O=CaCO_3+2NH_3$$

২। **হেবার প্রণালী** (Haber's process) **:**

উচ্চচাপ ও উচ্চ তাপমাত্রায় এবং অনুঘটকের উপস্থিতিতে নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের সংযোগে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত হয়। প্রকৃতপক্ষে, প্রায় সমগ্র নাইট্রোজেন বন্ধন বর্তমানে এই প্রক্রিয়াই সম্পাদিত হইতেছে।

$$N_2+3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3+22.2\ K.Cal$$

অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড (অষ্টওয়াল্ড পদ্ধতি) ও অ্যামোনিয়াম লবণ উৎপন্ন করা হয়।

৩। **সারপেক প্রণালী** (Serpeck's process) :

বক্সাইট খনিজ (Al_2O_3) ও কোকের মিশ্রণকে নাইট্রোজেন গ্যাসে 1800°C উত্তপ্ত করিলে অ্যালুমিনিয়াম নাইট্রাইড (AlN) উৎপন্ন হয়। এই নাইট্রাইড ষ্টীমের সাহায্যে আর্দ্র বিশ্লেষণ করিলে অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়। ব্যয়বহুল বলিয়া এই প্রণালীর খুব প্রচলন নাই।

$$Al_2O_3+N_2+3C=3CO+2AlN\ ;\ \ 2AlN+3H_2O=Al_2O_3+2NH_3$$

৪। **বার্কল্যাণ্ড-আইড প্রণালী** (Berkeland Eyde process) :

তড়িৎ আর্কের মাধ্যমে নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগ ঘটাইয়া নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়। পরে উহাকে জল ও অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত করা হয়। ব্যয়সাধ্য ও প্রচুর বিদ্যুৎশক্তির প্রয়োজন হয় বলিয়া এই প্রণালী বর্তমানে পরিত্যক্ত হইয়াছে।

$$N_2+O_2=2NO\ ;\ \ 4NO+2H_2O+3O_2=4HNO_3$$

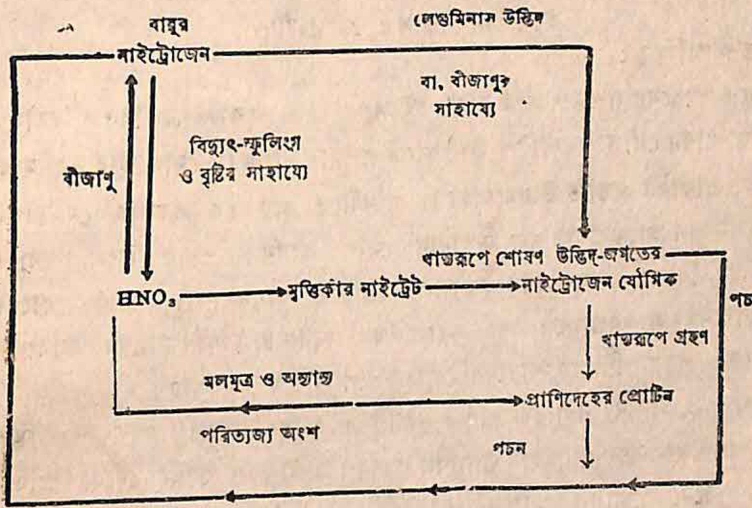
উল্লিখিত প্রণালী ছাড়াও প্রাণীদেহ ও জীবদেহের অপরিহার্য উপাদান প্রোটিনও বায়ুস্থ নাইট্রোজেনের আত্তীকরণে (assimilation) সম্পন্ন হইয়া থাকে।

প্রাণী ও উদ্ভিদ-জগতে নাইট্রোজেনের ভূমিকা :

প্রাণী ও উদ্ভিদ্-জগতের জৈবকোষের একটি অপরিহার্য উপাদান—প্রোটিন। প্রোটিন একটি নাইট্রোজেন ঘটিত যৌগ। সেইজন্যই নাইট্রোজেন ব্যতীত উদ্ভিদ্ বা প্রাণী জগতের উদ্ভব বা রক্ষণ সম্ভব নয়। এই নাইট্রোজেনের বিপুল উৎস বায়ু। বায়ু হইতেই উদ্ভিদ্ ও প্রাণীজগতের প্রয়োজনীয় নাইট্রোজেন সরবরাহ হইয়া থাকে। উদ্ভিদ্ ও প্রাণিজগৎ কর্তৃক প্রভূত পরিমাণে নাইট্রোজেন ব্যবহৃত হইলেও একটি স্বতঃনিয়ন্ত্রিত প্রক্রিয়ায় বায়ুর নাইট্রোজেন অংশ নিত্য (fixed) থাকে।

উদ্ভিদজগৎ প্রথমতঃ, মৃত্তিকা হইতে প্রত্যক্ষভাবে বা বীজাণুর সাহায্যে নাইট্রোজেন সংগ্রহ করে। ছোলা, মটর, বরবটি প্রভৃতি শুঁটি জাতীয় উদ্ভিদ্ (leguminous plants) সিম্বায়োটিক (Symbiotic) ব্যাক্টেরিয়ার সাহায্যে বায়ু হইতেও নাইট্রোজেন সংগ্রহ করে। উদ্ভিদ্জাত নাইট্রোজেন প্রাণিদেহে খাদ্যরূপে গৃহীত হইয়া প্রাণিদেহের নাইট্রোজেনের চাহিদা পূরণ করে। আবার প্রাণিদেহের মলমূত্রাদি ও উদ্ভিদের পচনে উহাদের নাইট্রোজেন মৃত্তিকা ও বায়ুতে ফিরিয়া আসে। বায়ুর নাইট্রোজেন বিদ্যুৎ স্ফুলিংগের সাহায্যে প্রথমতঃ নাইট্রিক অক্সাইড ও পরে বৃষ্টিজলে ধৌত হইয়া নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রেটরূপে মৃত্তিকায় সঞ্চিত হয়। মৃত্তিকায় এই সঞ্চিত নাইট্রেট পরে আবার উদ্ভিদ্ দ্বারা গৃহীত হইয়া থাকে। এই স্বতঃনিয়ন্ত্রিত

প্রাকৃতিক প্রক্রিয়ার ফলেই বায়ুতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ নিত্য থাকে; এই প্রক্রিয়াটিকে 'নাইট্রোজেন চক্র' (Nitrogen Cycle) বলা হয় (চিত্র ২১)।



চিত্র, ২১—নাইট্রোজেনের চক্র

অনুশীলনী

১। বায়ুতে প্রচুর পরিমাণ নাইট্রোজেন থাকা সত্ত্বেও ভূত্বকে ইহা যথেষ্ট পরিমাণে বর্তমান থাকে না কেন?

২। উদ্ভিদ্ দ্বারা যে নাইট্রোজেন অংশ গৃহীত হয়, উহা প্রকৃতিতে কিরূপে পরিপূরণ হয়?

৩। বায়ুর উপাদানগুলি কি ও জীবজগৎ ও উদ্ভিদজগতে এই উপাদানগুলি কিরূপে দহন ও প্রশ্বাস-ক্রিয়ায় অংশ গ্রহণ করে? উদ্ভিদ্ ও প্রাণিজগতের বায়ুগ্রহণের পর বায়ুর উপাদানগুলির সমতা কিরূপে রক্ষিত হয়? বায়ুর যে কোন দুইটি উপাদানের ওজন অনুপাতে নির্ধারণের যে কোন একটি পরীক্ষা বর্ণনা কর। বায়ু বিশুদ্ধীকরণের ক্ষেত্রে উদ্ভিদের ভূমিকা কি?

৪। বায়ুর উপাদান নির্ধারণে ল্যাভোয়াসিয়ের পরীক্ষা বর্ণনা কর।

৫। (ক) বায়ু এবং জল (খ) বায়ু এবং HgO উভয়ের মধ্যেই একটি উপাদান যে সাধারণ তাহা প্রমাণ কর।

৬। বায়ুমণ্ডলের বিরলগ্যাস সমূহের নাম কর ও উহাদের ব্যবহার লিখ।

৭। বায়ু, অ্যামোনিয়া ও নাইট্রিক অ্যাসিড হইতে যথাক্রমে কি কি উপায়ে নাইট্রোজেন প্রস্তুত করা যায়? বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন প্রস্তুতির প্রণালী কি?

৮। নাইট্রোজেন প্রস্তুতির দুইটি প্রণালী বর্ণনা কর ও প্রণালী দুইটির তুলনামূলক আলোচনা কর।

৯। পরীক্ষাগারে নাইট্রোজেন প্রস্তুতি বর্ণনা কর। গ্যাসটির ধর্মাবলী বিবৃত কর।

১০। কি অবস্থায় নাইট্রোজেন (i) হাইড্রোজেন, (ii) অক্সিজেন, (iii) ম্যাগনেসিয়াম (iv) ক্যালসিয়াম কার্বাইডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে? বিক্রিয়াজাত পদার্থ কি কি? বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ লিখ। (iii) ও (iv)-র ক্ষেত্রে বিক্রিয়াজাত পদার্থের উপর জলের ক্রিয়া সমীকরণ সহ বর্ণনা কর।

১১। বায়ুস্থ নাইট্রোজেনের আবদ্ধীকরণের প্রধান প্রণালীগুলি কি কি? শিল্পে নাইট্রোজেনের গুরুত্ব ক্রমশঃ বৃদ্ধি পাইতেছে কেন?

———

তৃতীয় পরিচ্ছেদ

প্রথম অধ্যায়

কার্বন (Carbon)

চিহ্ন—C ; পারমাণবিক ভর-সংখ্যা—12 পরমাণু-ক্রমাংক—6

ইলেকট্রন বিন্যাস : $1s^2 2s^2 2p^2$

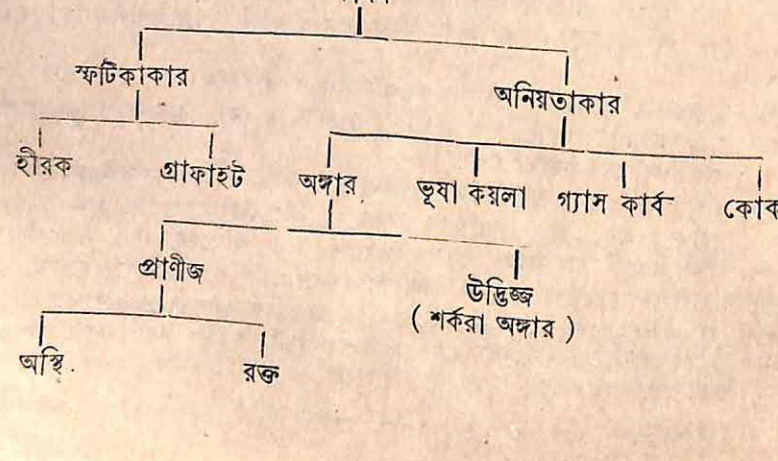
প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

ভূত্বকে কার্বনের পরিমাণ মাত্র 35% হইলেও কার্বন একটি বহু বিস্তৃত মৌল। প্রকৃতিতে কার্বন মৌল ও যৌগিক উভয়রূপেই বর্তমান থাকে। মৌল কার্বনের মধ্যে —হীরক, গ্রাফাইট প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য। পৃথিবীতে প্রাকৃতিক কয়লার যে বিপুল পরিমাণ বর্তমান আছে উহার মূল উপাদান মৌল কার্বন। খনিজ তৈল, যথা— পেট্রোলিয়ম, বিভিন্ন হইড্রোকার্বন ইত্যাদি—ইহারাও কার্বনজাত। খনিজ পদার্থের মধ্যে কার্বনেট আকরগুলিতে যথা ক্যালসিয়ম কার্বনেট, ম্যাগনেসিয়ম কার্বনেট, ইত্যাদিতে—প্রচুর পরিমাণে কার্বনের যৌগিকরূপে অস্তিত্ব দেখা যায়।

প্রকৃতিতে কার্বনের সর্বাধিক অস্তিত্ব—প্রাণী ও উদ্ভিদজগতে। প্রাণী ও উদ্ভিদ-জগতের প্রাথমিক এবং অপরিহার্য উপাদান কার্বন। প্রাণী ও উদ্ভিদ্ দেহের প্রতিটি অংশই কার্বনের যৌগিক-সঞ্জাত। কার্বনের এই সুবিপুল অস্তিত্বের জন্য সমগ্র মৌলগুলির মধ্যে কার্বনের একটি বিশেষ স্থান আছে। কার্বন যে অসংখ্য যৌগিক উৎপন্ন করে তাহার আলোচনার জন্য জৈব রসায়ন নামে রসায়ন শাস্ত্রের একটি পৃথক শাখা নির্দিষ্ট হইয়াছে।

কার্বনের বহুরূপতা :

কার্বন মৌলটি নানা রূপভেদে বর্তমান থাকে। এই রূপভেদগুলিকে প্রধানতঃ দুইটি শাখায় ভাগ করা যায়—(১) **স্ফটিকাকার** (crystalline) ও ( ) **অনিয়তাকার** (amorphous)।



অনিয়তাকার কার্বন আসলে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র গ্রাফাইট স্ফটিক কণিকার সমষ্টি ; উহাদের সমাবেশ সুনির্দিষ্ট নয় ; উহারা এলোমেলোভাবে জড় হইয়া থাকে বলিয়া স্ফটিকাকার নয়।

১। স্ফটিকাকার কার্বনের রূপভেদ সমূহ :

কার্বন স্ফটিকাকারে প্রধানতঃ দুইটি রূপভেদে পাওয়া যায়—(ক) হীরক বা ডায়মণ্ড (diamond), (খ) গ্রাফাইট (graphite)।

(ক) **হীরক বা ডায়মণ্ড :**

ভারতবর্ষ, ব্রাজিল, দক্ষিণ আফ্রিকা, আমেরিকা প্রভৃতি দেশে অষ্টতল (Octahedral) বা বর্গাকৃতি (Cubical) কেলাসরূপে খনিজ হীরক পাওয়া যায়। সাধারণতঃ হীরক মৃদু বর্ণযুক্ত হয় ; তবে অনেক সময় লাল, বাদামী, গোলাপী, সবুজ প্রভৃতি বিভিন্ন বর্ণের হয় ; একেবারে কালো হীরকও দেখা যায়। হীরকের সহিত অন্যান্য পদার্থ অল্প পরিমাণে মিশ্রিত থাকে বলিয়া উহা নানাবর্ণের হইয়া থাকে। কৃষ্ণবর্ণের হীরককে কার্বনেডো (Carbonado) বা বর্ট (bort) বলা হয়।

হীরক বহুমূল্য রত্ন। ইহার আকৃতি, প্রকৃতি, স্বচ্ছতা ও ওজনভেদে ইহার মূল্যভেদ হয়। পৃথিবীর বিখ্যাত কয়েকটি হীরকের ওজন নিম্নরূপ :—(হীরকের ওজন ক্যারাট হিসাবে মাপা হয় ; এক ক্যারাট = ·200 গ্রাম)

(1) দি হোপ—44·5 ক্যারাট (2) কোহিনুর—186 ক্যারাট (3) কুলিনান—3032 ক্যারাট, (4) পিট্—136·2 ক্যারাট।

হীরক প্রস্তুতি : খনিতে হীরক টুকরা পাথরের সহিত মিশ্রিত থাকে। খনি হইতে হীরক পাথর তুলিয়া কিছুদিন ফেলিয়া রাখা হয় ; জলবায়ুর প্রকোপে পাথর খানিকটা ভাঙ্গিয়া যায়। পরে উহাকে চূর্ণ বিচূর্ণ করিয়া জলের সঙ্গে মিশাইয়া চর্বি মাখানো টেবিলের উপর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। ভারী ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হীরক টুকরাগুলি নীচে থিতাইয়া পড়ে এবং চর্বিতে আটকাইয়া যায়। সেখান হইতে হীরক উদ্ধার করা হয়। ভারতবর্ষে কোন কোন নদীতটস্থ বালুকার সঙ্গে ছোট ছোট হীরক কণা মিশ্রিত থাকে এবং অনুরূপ পদ্ধতিতে সংগ্রহ করা হয়।

হীরকের চাহিদা খুব বেশী ; তাই কৃত্রিম উপায়ে হীরক প্রস্তুত করা যায়। বিজ্ঞানী **ময়ঁসা** (Moissan) প্রথম কৃত্রিম হীরক প্রস্তুতিতে সাফল্যলাভ করেন।

বৈদ্যুতিক চুল্লীতে লৌহচূর্ণ ও অঙ্গার মিশাইয়া মিশ্রণটিকে প্রায় 3000°C পর্যন্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে উহা গলিয়া যায়। গলিত তরলকে ঠাণ্ডা জলে হঠাৎ ফেলিয়া দিলে কিছু অঙ্গার অত্যাধিক চাপে হীরক কণায় পরিণত হয়। HCl দ্বারা লৌহচূর্ণকে দ্রবীভূত করিয়া ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র হীরক কণা পাওয়া যায়। এই

পদ্ধতি এতই ব্যয়বহুল যে বাণিজ্যিক দিক দিয়া ইহা লাভজনক নয়। আমষ্টারডামে (হল্যাণ্ড) একটি হীরক কারখানা আছে।

হীরক সর্বাপেক্ষা কঠিন বস্তু, ইহার ঘনত্ব 3·5 গ্রাম/সি.সি.। বোরাজেন নামে একটি যৌগ বর্তমানে প্রস্তুত হইয়াছে যাহার কাঠিন্য হীরক অপেক্ষাও বেশী। প্রতিসরণ ক্ষমতা অত্যধিক বলিয়া ইহা বহুমূল্য রত্ন হিসাবে সমাদৃত। হীরকের টুকরা কাটিয়া বহুতল করিলে উহার কোণ বৃদ্ধি পায়; ফলে উহার উজ্জ্বলতাও বাড়ে। উজ্জ্বলতার জন্যই হীরকের দাম। ইহা জল, অম্ল ও ক্ষারে অদ্রাব্য। অতি উচ্চতাপে (700°C) বায়ুর সহিত জারিত হইয়া CO_2 উৎপন্ন করে। রঞ্জনরশ্মি আসল হীরকের মধ্য দিয়া প্রতিগমন করে বলিয়া রঞ্জনরশ্মিতে উহা স্বচ্ছ দেখায়।

রাসায়নিক বিকারক দ্বারা ইহা বিশেষ আক্রান্ত হয় না; গলিত Na_2CO_3 দ্বারা ইহা আক্রান্ত হয়। $Na_2CO_3 + C = Na_2O + 2CO$.

700°C উষ্ণতায় ইহা ফ্লোরিণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া কার্বন টেট্রাফ্লোরাইড CF_4 উৎপন্ন করে। $C + 2F_2 = CF_4$

হীরক রত্ন হিসাবেই ব্যবহৃত হয়। ইহা ছাড়া হীরক কাঁচ কাটিবার কার্যে ব্যবহৃত হয়। কৃষ্ণবর্ণ হীরক পাথর কাটা, শক্ত জিনিষ মসৃণ করিতে ব্যবহৃত হয় এবং ইহা হইতে খনিজ-গুঁড়ানর যন্ত্র প্রস্তুত হয়।

কৃত্রিম কাঁচের ভিতর দিয়া X-ray যাইতে পারে না। X-ray-র সাহয্যেই হীরক ও স্বচ্ছ কাঁচের প্রভেদ ধরা পড়ে।

(খ) **গ্রাফাইট :**

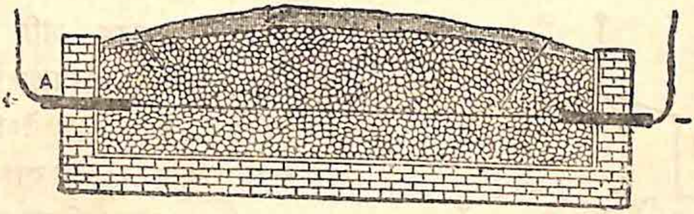
ভারতবর্ষ, সিংহল, সাইবেরিয়া, ইটালি, যুক্তরাষ্ট্র প্রভৃতি দেশে প্রাকৃতিক গ্রাফাইটের আকর বর্তমান আছে। সীসার সহিত বাহিক সাদৃশ্য থাকায় খনিজ গ্রাফাইটকে ভূমিসীসক (plumbago) বলা হয়।

গ্রীক শব্দ গ্রাফো (Grapho অর্থাৎ I write) হইতে গ্রাফাইট উদ্ভূত। ইহাকে কাগজের উপর দিয়া টানিলে দাগ পড়ে বলিয়া ইহার এইরূপ নামকরণ হইয়াছে।

প্রস্তুতি :

অ্যাকেসন (Acheson) প্রণালীতে কৃত্রিম গ্রাফাইট তৈয়ার হয়। এই প্রণালীতে অ্যানথ্রাসাইট কয়লা (anthracite) ও বালুর মিশ্রণ লইয়া একটি বিদ্যুৎ-চুল্লিতে 24–30 ঘণ্টা 4000°C উষ্ণতা পর্যন্ত উত্তপ্ত করা হয়। বিক্রিয়ার ফলে প্রথমতঃ সিলিকন কার্বাইড (0°C) উৎপন্ন হয় ও উহা পরে অধিকতর উষ্ণতায় বিশ্লিষ্ট হইয়া

সিলিকন ও গ্রাফাইট উৎপন্ন করে; সিলিকন চুল্লার তাপে বাষ্পীভূত হয় ও অবশিষ্টরূপে গ্রাফাইট পাওয়া যায় (চিত্র ২২)।



চিত্র. ২২—অ্যাকেসন প্রণালীতে গ্রাফাইট প্রস্তুত

$$SiO_2+2C=SiC+2CO\ ;\ SiC=Si+C$$

গ্রাফাইট নরম পদার্থ ; স্পর্শ করিলে ইহা পিচ্ছিল বা তৈলাক্ত মনে হয়। ইহার একটি ধাতব দীপ্তি আছে, কিন্তু ইহার উপরিতল মসৃণ। এই মসৃণতা গ্রাফাইটের বৈশিষ্ট্য। মসৃণতার জন্য গ্রাফাইট-চূর্ণ যন্ত্রাদিতে ঘর্ষণ রোধ করিতে কঠিন মসৃণক (solid lubricant)-রূপে ব্যবহৃত হয়। ইহার ঘনত্ব 2·2 গ্রাম/সি.সি.। কাগজের উপর গ্রাফাইট ঘর্ষণ করিলে কালো দাগ পড়ে। উড্ পেন্সিল বা লেড পেন্সিলে সেকারণেই গ্রাফাইটের দণ্ড ব্যবহার করা হয়। গ্রাফাইটকে বায়ুতে তীব্র উত্তপ্ত করিলে CO_2 উৎপন্ন হয়। গ্রাফাইট সাধারণভাবে অদ্রাব্য, কিন্তু জারকধর্মী অ্যাসিডের সহিত ইহা বিক্রিয়া করে।

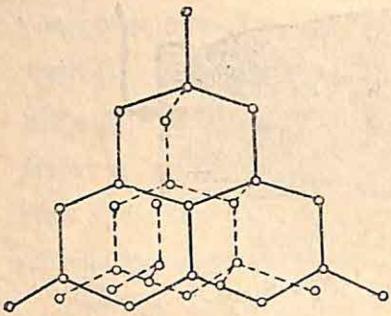
500°C তাপমাত্রায় ইহা ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $KClO_3$ এবং গাঢ় H_2SO_4 ও HNO_3 অ্যাসিড সহযোগে উত্তপ্ত করিলে ইহা গ্রাফাইটিক অ্যাসিড ও পরে মেলিটিক অ্যাসিডে $C_6(COOH)_6$ পরিণত হয়।

গ্রাফাইট	হীরক
ঘনত্ব 2·3 গ্রাম/সি. সি., পরিবর্তনীয়	ঘনত্ব 3·5 গ্রাম/সি. সি, বর্ণহীন স্বচ্ছ,
কালো, অস্বচ্ছ।	প্রতিসারঙ্ক অত্যন্ত বেশী।
অত্যন্ত কোমল, কাগজে দাগ কাটে।	প্রকৃতিজাত বস্তুদের মধ্যে কঠিনতম।
উত্তম তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী	তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী নয়।
$KClO_3$ ও HNO_3 দ্বারা আক্রান্ত হয়।	$KClO_3$ ও HNO_3 দ্বারা আক্রান্ত হয় না।

হীরকের গঠন :

হীরকের স্ফটিক ঘনাকার ; উহার কেলাস অভ্যন্তরে প্রত্যেকটি কার্বন

পরমাণু একটি সমচতুস্তলীয় ক্ষেত্রের (regular tetrahedorn) কেন্দ্রে অবস্থান করে (চিত্র, ২৩)। তাহাকে পরিবেষ্টন করিয়া এবং তাহার সহিত সম-যোজ্যতা বন্ধনে সংযুক্ত থাকিয়া আর চারটি কার্বন পরমাণু ঐ ক্ষেত্রের চারি কোণে রহিয়াছে। কার্বন পরমাণুদের পারস্পরিক দূরত্ব সমান এবং উহা 1·54A ($A = 10^{-8}$ সেমি)। এই কারণে কার্বন পরমাণুগুলি একতলে থাকিতে পারে না। এইভাবে কার্বন পরমাণুগুলি হীরকের সমস্ত দেহব্যাপী ত্রিমাত্রিক তলে সুশৃঙ্খল সমাবেশের ফলে দানবাকার বা বিরাটাকার (Giant molecule) সৃষ্টি করে। এই বিশেষ গঠনের জন্যই হীরকের অসাধারণ কাঠিন্য ও গলনাঙ্ক অত্যন্ত বেশী। হীরককে গলাইতে গেলে অসংখ্য বন্ধন ছিন্ন-বিচ্ছিন্ন করিতে হয় ; সেইজন্য উচ্চ তাপমাত্রা প্রয়োজন।



চিত্র, ২৩—হীরকের গঠন

গ্রাফাইটের গঠন :

কার্বন পরমাণুর আর এক ধরনের বিন্যাসের ফলে গ্রাফাইটের কেলাস গঠিত হয়। গ্রাফাইটের কেলাস কতকগুলি সমতলীয় কার্বন পরমাণুর স্তর (layer) বা পাত (sheet) দ্বারা সৃষ্ট। প্রতি স্তরের কার্বন পরমাণুগুলি সমযোজ্যতার বন্ধনে আবদ্ধ ; তাহাদের পারস্পরিক দূরত্ব 1·42A। ছয় সদস্যবিশিষ্ট বেঞ্জিন বলয়ের (benzene ring) পরমাণুর সজ্জার মত কার্বন পরমাণুগুলি সমষড়ভুজের (regular hexagon) কোণায় সজ্জিত থাকিয়া এই স্তর বা পাত সৃষ্টি করে। (চিত্র, ২৪) বহু ষড়ভুজ পরস্পর জুড়িয়া এক একটি অতিকায় স্তর গঠন করে। এক একটি স্তর দ্বিমাত্রিক বিরাটাকার অণু। প্রতি স্তরে একটি কার্বন পরমাণু অপর তিনটি কার্বন পরমাণুর সহিত তিনটি ইলেকট্রনের মাধ্যমে সমযোজ্যতা বন্ধন রচনা করে। একটি ইলেকট্রন থাকে মুক্ত ও সতত সঞ্চরণশীল, সেই জন্য গ্রাফাইট তড়িৎ পরিবহন করে। অপরপক্ষে, হীরকে প্রতি কার্বনের চারটি ইলেকট্রনই সমযোজ্যতা-বন্ধন সৃষ্টিতে ব্যবহৃত হয়, তাই হীরক বিদ্যুৎ অপরিবাহী। গ্রাফাইট কেলাসের দুই সমান্তরাল পাতের মধ্যে দূরত্ব 3·41A, উহাদের পারস্পরিক বন্ধনশক্তি অপেক্ষাকৃত দুর্বল



চিত্র, ২৪—গ্রাফাইটের গঠন

(ভ্যাণ্ডার ওয়ালের বল)। কাজেই গ্রাফাইট ভাঙিলে স্তরে স্তরে পৃথক হইয়া যায়।

২। অনিয়তাকার কার্বনের রূপভেদসমূহ ঃ

অনিয়তাকার কার্বন নানা রূপভেদে বর্তমান থাকে, তন্মধ্যে নিম্ন রূপগুলি প্রধান—

(ক) কাঠকয়লা বা উদ্ভিজ্জ-অঙ্গার (wood charcoal), (খ) প্রাণীজ অঙ্গার (animal charcoal), (গ) ভুষা কয়লা (lamp black), (ঘ) গ্যাস-কার্বন (gas-carbon) ও (ঙ) কোক (coke)।

(ক) উদ্ভিজ্জ অঙ্গার ঃ

উদ্ভিদ দেহের সকল অংশই কার্বন-জাত। উদ্ভিদ দেহের প্রধান অংশ কাঠকে অল্পমাত্রায় বায়ু সহযোগে অন্তর্ধূম পাতন করিলে উদ্ভিজ্জ অংগার বা সাধারণ কাঠকয়লা পাওয়া যায়। উদ্ভিজ্জাত অন্য পদার্থ যথা চিনি অনুরূপভাবে অন্তর্ধূম পাতন করিলে শর্করা-অঙ্গার (sugar charcoal) পাওয়া যায়। শর্করা-অঙ্গার মৌল কার্বনের বিশুদ্ধতম রূপ।

ধর্ম ও ব্যবহার ঃ

কাষ্ঠের প্রকৃতি অনুযায়ী বিভিন্ন ধর্মের কাঠকয়লা পাওয়া যায়। সাধারণতঃ ইহা কালো, নরম পদার্থ এবং ইহার ঘনত্ব 1·5 গ্রাঃ/সি.সি.। জল অপেক্ষা ইহার ঘনত্ব অধিক হইলেও ইহা জলে ভাসে, কারণ কাঠকয়লা একটি অতিমাত্রায় সচ্ছিদ্র কঠিন পদার্থ। ফলে ইহার অভ্যন্তরে যথেষ্ট পরিমাণে বায়ু থাকে, এবং এই ছিদ্রস্থ বায়ুর জন্যই উহার ভাসমানতা (buyoncy) ধর্ম আরোপিত হইয়া থাকে। সচ্ছিদ্রতার জন্য কাঠকয়লা বহু গ্যাসকে শোষণ করে এবং বহু রঙীন পদার্থও ইহার দ্বারা শোষিত হইয়া থাকে। এক গ্রাম নারিকেল অঙ্গার প্রমাণ অবস্থায় প্রায় 175 সি.সি. অ্যামোনিয়া গ্যাস অধিশোষণ করিয়া থাকে।

কাঠকয়লা উচ্চতাপে বায়ুর সহিত CO_2 উৎপন্ন করে। ইহা একটি উৎকৃষ্ট বিজারক পদার্থ এবং উচ্চতাপে বহু ধাতব অক্সাইড ইহার সহিত বিক্রিয়ায় ধাতুতে পরিণত হয়। জারকধর্মী অ্যাসিডগুলির সহিত ইহার সহজেই বিক্রিয়া ঘটে।

নারিকেলের অঙ্গারকে অল্প বাতাসে বা স্টীমে ৪00°–900°C পর্যন্ত উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে উহার বহির্ধৃতি ক্ষমতা যথেষ্ট বৃদ্ধি পায়। উহাকে সক্রিয় অঙ্গার (active charcoal) বলে। সক্রিয় অঙ্গার অনেক বিক্রিয়ায় অনুঘটকের কাজ করে। যথা,—

$$H_2+Cl_2=2HCl\ ;\ CO+Cl_2=COCl_2\ ;\ SO_2+Cl_2=SO_2Cl_2\ ;$$

গ্যাস মাস্কে সক্রিয় অঙ্গার ব্যবহৃত হয়।

কাঠকয়লা—বিজারক পদার্থরূপে ধাতু নিষ্কাষণে ব্যবহৃত হয়। আখের রসকে বর্ণহীন করিয়া চিনি প্রস্তুতের কার্যে ব্যবহৃত হয়। গ্যাস শোষণের জন্য ও গ্যাস-মুখোসে ইহা ব্যবহৃত হয়। ঔষধরূপে এবং জীবাণুনাশকরূপেও ইহা ব্যবহৃত হয়। বারুদের অন্যতম উপাদানরূপে কাঠকয়লা ব্যবহৃত হয়। কাঠকয়লা জ্বালানী রূপেও ব্যবহৃত হয়। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ অপরিবাহী।

(খ) প্রাণীজ অঙ্গার ঃ

প্রাণিদেহের বিভিন্ন অংশ, যথা—অস্থি, রক্ত প্রভৃতিকে অন্তর্ধূমপাতন করিলে প্রাণীজ-অঙ্গার উৎপন্ন হয়। অস্থিজাত অঙ্গারকে অস্থি-অঙ্গার (Bone charcoal) এবং রক্ত জাত অঙ্গারকে শোণিত-অঙ্গার (Blood charcoal) বলা হয়।

অস্থি-অঙ্গার উৎপাদনের জন্য প্রথমতঃ অস্থিকে চর্বিশূন্য করিয়া একটি বদ্ধপাত্রে অন্তর্ধূমপাতন করা হয়। অন্তর্ধূম পাতনের শেষে যে পদার্থ উৎপন্ন হয় উহা অস্থিভস্ম ও অস্থি-অঙ্গারের একটি মিশ্র ; এই মিশ্রকে HCl দ্রবণের সাহায্যে বিক্রিয়া করিলে অস্থিভস্ম (ক্যালসিয়ম ফসফেট) দ্রবীভূত হয় এবং অস্থি-অঙ্গার অবশিষ্ট থাকে। এই-অঙ্গারকে চূর্ণ, ধৌত ও শুষ্ক করিয়া ব্যবহার করা হয়। ইহা সাধারণতঃ আইভরি ব্ল্যাক (Ivory black) নামে পরিচিত।

ধর্ম ও ব্যবহার :

প্রাণীজ অঙ্গার ঘন কৃষ্ণবর্ণের কঠিন পদার্থ। ইহার ধর্ম উদ্ভিজ্জ অঙ্গারের ন্যায়। গ্যাস ও রঙীন পদার্থের শোষণ-ক্ষমতা অধিক বলিয়া প্রাণীজ অঙ্গার বহুল পরিমাণে বিভিন্ন ক্ষেত্রে যথা, শর্করা শিল্পে ব্যবহৃত হয়। প্রাণীজ অঙ্গার চূর্ণ অনুলেপ বর্ণ হিসাবে বহু ব্যবহৃত হয়।

(গ) ভূষা কয়লা ঃ

প্রচুর কার্বন-পরিমাণ যুক্ত জৈব পদার্থ, যথা—তার্পিন তৈল, কেরোসিন তৈল প্রভৃতি পরিমিত বায়ুতে দহন করিলে যে শিখা উৎপন্ন হয় উহার সহিত কালো ধূমরূপে কার্বনও বিনির্গত হয়। এই শিখা কোন শীতল পাত্রে বা প্রাচীরে প্রতিহত করিলে উৎপন্ন কার্বন সূক্ষ্ম কৃষ্ণবর্ণের চূর্ণরূপে জমিয়া থাকে। ইহাই ভূষা-কয়লা বা ভূষা-কালি।

ভূষা-কয়লা কালো রং রূপে ছাপার কালি, সাইকেলের রং, জুতার কালি প্রভৃতিতে বহু ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) কোক-কয়লা ঃ

প্রাকৃতিক কয়লার মধ্যে কার্বন যৌগিক ও মৌল রূপে বর্তমান থাকে। কয়লাকে বদ্ধ পাত্রে অন্তর্ধূম পাতন করিলে কার্বন-যৌগ বিয়োজিত হয়। উদ্বায়ী পদার্থ পাতন

পাত্র হইতে নিষ্ক্রান্ত হইয়া যায় এবং পাত্রে অনুদ্বায়ী মৌল-কার্বন পড়িয়া থাকে। ইহাকে কোক-কয়লা বলা হয়। উচ্চ তাপমাত্রায় (1200° – 1400°) অন্তর্ধূম পাতন করিয়া যে কোক পাওয়া যায় তাহাকে হার্ড-কোক (hard coke) এবং নিম্নতাপে (600° – 700°C) অন্তর্ধূমপাতন করিয়া যে কোক পাওয়া যায় তাহাকে সফ্‌ট কোক (soft coke) বলা হয়। হার্ড-কোক ধাতু নিষ্কাষণে ও সফ্‌ট-কোক রন্ধনাদি কার্যে ব্যবহৃত হয়।

(ঙ) **গ্যাস-কার্বন :**

কয়লাকে অন্তর্ধূমপাতন করিয়া কোক উৎপাদন কালে কিছু কার্বন সূক্ষ্ম চূর্ণরূপে উর্ধপাতিত হইয়া পাতনপাত্রের উপরের দিকে অপেক্ষাকৃত শীতল স্থানে জমিতে থাকে। এই শক্ত কালো কার্বনকে গ্যাস-কার্বন বলা হয়।

গ্যাস-কার্বনের ঘনত্ব, 2·55 গ্রাঃ/সি. সি. এবং অন্যান্য ধর্ম কাঠকয়লার ন্যায়। ইহা তাপ ও বিদ্যুৎ পরিবাহী। ইলেক্‌ট্রোড (electrode) রূপে ইহা সমধিক ব্যবহৃত হয়।

কার্বন তন্তু (Carbon fibres) **:**

পলিপ্রপেনোনাইট্রাইল প্রভৃতির তন্তু কার্বনে পরিণত না হওয়া পর্যন্ত অত্যন্ত সতর্কতার সহিত উত্তপ্ত করিলে কার্বন তন্তু পাওয়া যায়। প্লাষ্টিকের সহিত কার্বন তন্তুর সন্নিবেশে হাল্‌কা, অত্যন্ত শক্ত ও মজবুত পদার্থ তৈয়ার করা যায়। এই সব পদার্থের ব্যাপক ব্যবহারের উজ্জল সম্ভাবনা রহিয়াছে।

কার্বনের ধর্ম :

বিভিন্ন রূপভেদে বর্তমান থাকিলেও সকল রূপেই কার্বনের কতকগুলি সাধারণ ধর্ম আছে।

কার্বন সাধারণভাবে অদ্রাব্য এবং জল, ক্ষার বা অম্লের সহিত বিক্রিয়াহীন। অক্সিজেনের সহিত উচ্চতাপে, কার্বন—কার্বন ডাইক্সাইড ও কার্বন মনোক্সাইড (O_2-র পরিমাণ কম হইলে) উৎপন্ন করে—

$$2C + O_2 = 2CO ; \ C + O_2 = CO_2$$

হাইড্রোজেনের সহিত কার্বন বিপুল সংখ্যক হাইড্রোকার্বন শ্রেণীর যৌগিক যথা— অ্যাসিটিলিন (C_2H_2), ইথিলীন (C_2H_4), মিথেন (CH_4) প্রভৃতি উৎপন্ন করে—

$$2C + H_2 = C_2H_2 ; \ 2C + 2H_2 = C_2H_4$$

$$C + 2H_2 = CH_4 ; \ 2C + 3H_2 = C_2H_6$$

কার্বন সালফারের সহিত কার্বন ডাইসালফাইড ও নাইট্রোজেনের সহিত সায়নোজন উৎপন্ন করে—$C + 2S = CS_2$ (কার্বন ডাইসালফাইড)।

$2C + N_2 = C_2N_2$ (সায়নোজেন)।

উত্তপ্ত ধাতু, যথা—ক্যালসিয়ম, অ্যালুমিনিয়ম প্রভৃতির সহিত কার্বন কার্বাইড শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে—$Ca + 2C = CaC_2$ ক্যালসিয়ম কার্বাইড।

$4Al + 3C = Al_4C_3$ অ্যালুমিনিয়ম কার্বাইড।

কার্বন একটি উৎকৃষ্ট বিজারক পদার্থ। বিভিন্ন ধাতুর অক্সাইড কার্বনের সহিত উত্তপ্ত করিলে ধাতুতে বিজারিত হয়—

$Fe_2O_3 + 3C = 2Fe + 3CO$; $ZnO + C = Zn + CO$

$PbO + C = Pb + CO$

বহু যৌগিক পদার্থও কার্বন যোগে বিজারিত হয়—

$2H_2SO_4 + C = CO_2 + 2SO_2 + 2H_2O$

$Na_2SO_4 + 4C = Na_2S + 4CO$

রক্ততপ্ত কার্বনের উপর দিয়া বায়ু চালনা করিলে বিক্রিয়ার ফলে কার্বন মনোক্সাইড ও নাইট্রোজেনের একটি মিশ্র পাওয়া যায়; এই মিশ্রকে **প্রডিউসার গ্যাস** (Producer gas) বলা হয় ও গ্যাসীয় জ্বালানীরূপে ইহা বহুল ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

$$C + \text{বায়ু} = \underbrace{CO + N_2}$$ (প্রডিউসার গ্যাস)

রক্ততপ্ত কার্বনের উপর দিয় স্টীম চালনা করিলে বিক্রিয়ার ফলে কার্বন মনোক্সাইড ও হাইড্রোজেনের একটি মিশ্র পাওয়া যায়; এই মিশ্রকে ওয়াটার গ্যাস (water gas) বলা হয়; হাইড্রোজেন উৎপাদনে এবং জ্বালানী রূপে ইহা বহুল ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

$$C + H_2O = \underbrace{CO + H_2}$$ (ওয়াটার গ্যাস)

কার্বনের রূপভেদগুলি মূলতঃ একই ঃ

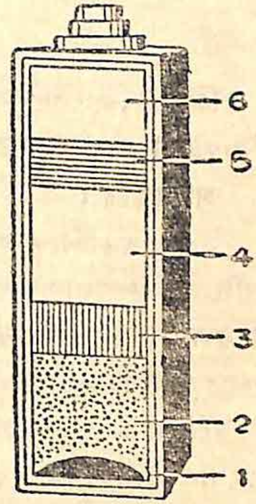
কার্বনের বিভিন্ন রূপভেদের মধ্যে বাহ্যতঃ যথেষ্ট পার্থক্য থাকিলেও উহারা প্রকৃতপক্ষে একই মৌল উপাদান অর্থাৎ কার্বন দ্বারা সৃষ্ট। হীরক ও ভূষা কালির মধ্যে মূলগত কোন পার্থক্য নাই।

সমপরিমাণ ওজনের বিভিন্ন প্রকারের কার্বন লইয়া বাতাসে পুড়াইলে উহারা জারিত হইয়া কেবলমাত্র CO_2 উৎপন্ন করে এবং প্রতিক্ষেত্রে উৎপন্ন CO_2-এর পরিমাণ এক (1 গ্রাম হইতে 3·666 গ্রাম)। বিভিন্ন রূপভেদে কার্বন পরমাণু সংখ্যার বিভিন্নতা, উহাদের পরিবিন্যাসে বিভিন্নতা, আন্তরশক্তি মাত্রার পার্থক্যই বহুরূপতা সৃষ্টি করে।

গ্যাস মুখোশ (Gas mask)ঃ

গ্যাস মুখোশে বিভিন্ন পদার্থের কয়েকটি স্তর সজ্জিত থাকে। (i) প্রথম স্তরে থাকে কপার সালফেটের দ্রবণ-সিক্ত সক্রিয় অঙ্গারের স্তর; তাহার পর থাকে ক্রমান্বয়ে

পর পর (ii) সক্রিয় অঙ্গার ; (iii) NaOH ; (iv) শোষক তুলা (absorbent cotton) ; (v) $CaCl_2$; (vi) বর্তমানে হেপোক্যালাইটের (hapocalite) [CuO ও MnO_2-এর মিশ্রণ—উহা CO-কে CO_2-তে পরিণতকরে] স্তর ও সকলের শেষে থাকে শোষক তুলার স্তর। বিষাক্ত বাতাস গ্যাস মুখোশ দিয়া যাইবার কালে পরিশোধিত হয় (চিত্র,—২৫)।



চিত্র, ২৫—গ্যাস মুখোশ

কার্বন চক্র (Carbon-cycle) :

প্রাণী ও উদ্ভিদের দেহের অপরিহার্য উপাদানরূপে কার্বন প্রকৃতি হইতে নিয়তই গৃহীত হইতেছে। প্রকৃতি হইতে কার্বন এইরূপে নিয়ত গৃহীত হইলেও, প্রকৃতিতে কার্বনের পরিমাণ একটি স্বতঃনিয়ন্ত্রিত প্রক্রিয়ায় নিত্য থাকে। এই স্বতঃনিয়ন্ত্রিত প্রক্রিয়াকে "কার্বন চক্র" বলা হয়।

প্রধানতঃ উদ্ভিদ-খাদ্য হইতেই প্রাণিদেহের জৈব দেহকোষের কার্বন উপাদান সংগৃহীত হয়। প্রাণিদেহস্থ কার্বন-যৌগিকের অংশ জারিত হইয়া CO_2 রূপে বায়ুমণ্ডলে বিমুক্ত হয়। ইহা ছাড়া প্রাণী ও উদ্ভিদ দেহের পচনে ও জ্বালানীর দহনেও বায়ুমণ্ডলে যথেষ্ট CO_2 বিমুক্ত হয়। এই বিমুক্ত CO_2 হইতে উদ্ভিদজগৎ উহাদের প্রয়োজনীয় কার্বন সংগ্রহ করে। উদ্ভিদ-দেহের সবুজ অংশে ক্লোরোফিল (Chlorophyll) নামে একটি জটিল যৌগিক থাকে ; এই ক্লোরোফিল সূর্যালোকের সান্নিধ্যে **সালোক-সংশ্লেষ** (photo-synthesis) প্রক্রিয়ায় CO_2 ও জলের সংযোগে শর্করাজাতীয় খাদ্য উৎপন্ন করে ও অক্সিজেন বিমুক্ত হয়।
$[\,6xCO_2 + 5xH_2O = (C_6H_{10}O_5)x + x6O_2]$

উৎপন্ন শর্করা উদ্ভিদ কোষে খাদ্যরূপে শোষিত হয় ও অক্সিজেন বায়ু-মণ্ডলে ফিরিয়া আসে। এইরূপে প্রাণিদেহ কর্তৃক উদ্ভিদ-জগৎ হইতে গৃহীত কার্বন পুনরায় উদ্ভিদ-জগতেই ফিরিয়া আসে এবং প্রাণিদেহ কর্তৃক গৃহীত শ্বাস-ক্রিয়ার প্রয়োজনীয় অক্সিজেনও পুনরায় বায়ুমণ্ডলে উৎপন্ন হইয়া থাকে। ফলে প্রকৃতিতে কার্বন ও অক্সিজেনের পরিমাণ নিত্য থাকে।

প্রকৃতিতে উৎপন্ন CO_2 কিছু পরিমাণ বৃষ্টিজলে ধৌত হইয়া কার্বনেট খনিজরূপে মৃত্তিকায় জমে এবং কিছু CO_2 বৃষ্টিজলে ধৌত হইয়া সমুদ্রে জমে ও সামুদ্রিক প্রাণীর কঠিন ক্যালসিয়ম বহিরাবরণ উৎপাদনে প্রযুক্ত হয়। এইরূপেও বায়ুমণ্ডলে অতিরিক্ত CO_2 জমিয়া উঠার সম্ভাবনা আংশিকরূপে নিবারিত হয়।

দ্বিতীয় অধ্যায়

ফসফোরাস

(Phosphorus)

চিহ্ন, P ; সংকেত—P_4 ; পারমাণবিক ভর সংখ্যা—31 ; পরমাণু ক্রমাংক –15 ; ইলেকট্রন-বিন্যাস—$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

আবিষ্কার :

সপ্তদশ শতাব্দীতে অ্যালকেমিবিদ (alchemist) **ব্র্যাণ্ড** (Brand) গাঢ় মূত্রকে বালি ও কাঠকয়লা সহ পাতন করিয়া ফস্‌ফোরাস প্রথম আবিস্কার করেন। **শীলে, বয়েল** (1680) এবং **কুংকেলও** (1678) পরে ফস্‌ফোরাস প্রস্তুত করেন। অস্থি হইতে ফস্‌ফোরাস প্রস্তুতির প্রণালী প্রথমে **গ্যান** (1771) কর্তৃক আবিষ্কৃত হয়। ইহা মৃদু দহন-জাত আলোক বিকীরণ করে ও অন্ধকারে স্বয়ংপ্রভ হইয়া জলিতে থাকে। আলোক বিকীরণ ক্ষমতার জন্যই ইহার ফসফোরাস নামকরণ হইয়াছে (phos = light ; phero = I carry) ;

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

সহজেই জারিত হয় বলিয়া মৌলরূপে ফসফোরাসের অস্তিত্ব নাই। প্রাকৃতিক ফসফোরাস অজৈব-যৌগরূপে বহু খনিজে, (ভূত্বকের প্রায় 12%), এবং প্রাণী ও উদ্ভিদ-জগতে বহুল পরিমাণে বর্তমান আছে। ফসফোরাসঘটিত যৌগিক ও খনিজগুলিকে সাধারণতঃ ফসফেট-খনিজ বলা হয়। কয়েকটি গুরুত্বপূর্ণ ফসফেট-খনিজের নাম দেওয়া হইল—

ফসফোরাইট—(Phosphorite)—$Ca_3(PO_4)_2$

ক্লোর-অ্যাপাটাইট—(Chlor-apatite)—$3Ca_3(PO_4)_2, CaCl_2$

ফ্লুয়োর-অ্যাপাটাইট—(Fluor-apatite)—$3Ca_3(PO_4)_2, CaF_2$

ভিভিয়ানাইট্‌—(Vivianite)—$Fe_3(PO_4)_2, 8H_2O$; ইত্যাদি।

ফসফোরাস উদ্ভিদ ও জীবজগতের অপরিহার্য উপাদান। মৃত্তিকাস্থ খনিজ ফসফেটগুলি বায়ু ও বৃষ্টিজলে ক্ষয়প্রাপ্ত হইয়া সূক্ষ্ম চূর্ণরূপে মৃত্তিকায় বিস্তৃত হয়। উদ্ভিদসমূহ, বিশেষ করিয়া গমজাতীয় শস্যের উদ্ভিদ, মৃত্তিকাস্থ ফসফোরাস আত্তীকরণ করিয়া নিজদেহে সঞ্চয় করে। ফসফোরাস-ঘটিত উদ্ভিদ বা উহার অংশ আবার প্রাণি-দেহের ফসফোরাসের চাহিদা পূরণ করে। প্রাণিদেহের অস্থি, রক্ত, স্নায়ু, মজ্জায়, মস্তিষ্কে এবং দুগ্ধে, ডিমের হলুদ অংশে ও মূত্রে উল্লেখযোগ্য মাত্রায় ফসফোরাস ঘটিত যৌগিক, প্রধানতঃ গ্লিসেরো ফসফেট (Glycero phosphate)-রূপে বর্তমান থাকে।

মেরুদণ্ডী-প্রাণীর অস্থির উপাদান প্রায় 60% ক্যালসিয়ম ফসফেট এবং সেই কারণেই ফসফোরাসের প্রধান প্রাকৃতিক-উৎস জৈব-দেহাস্থি।

ফসফোরাসের শিল্প-প্রস্তুতি ঃ

ফসফোরাস-প্রস্তুতির প্রধান উপাদান, রক্‌ফসফেট (rock-phosphate) ও অস্থি-ভস্ম বা বোন্ অ্যাস (Bone ash)। প্রাকৃতিক খনিজ ক্যালসিয়ম ফসফেটকে রক্-ফসফেট বলা হয়। অস্থি-ভস্ম বা বোন্ অ্যাস প্রাণিদেহের অস্থি হইতে প্রস্তুত হয়।

প্রাণিদেহের কাঁচা হাড়ে প্রধানতঃ ক্যালসিয়ম ফসফেট, কিছু প্রোটিন ও নাইট্রোজেন ঘটিত জৈব যৌগিক, কিছু স্নেহ পদার্থ (fat) এবং কিছু $CaCO_3$ থাকে। ফসফোরাস-প্রস্তুতির জন্য প্রথমতঃ কাঁচা হাড় হইতে উষ্ণ জল এবং CS_2 দ্রাবক সাহায্যে জৈব পদার্থ ও স্নেহ পদার্থ পৃথক করিয়া লওয়া হয়; পরে লৌহ-রিটর্টে হাড়গুলি উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়ম ফসফেট্‌যুক্ত জৈব অঙ্গার পাওয়া যায়। এই পদার্থটিকে পরে বায়ুতে তীব্র প্রজ্বালন করিলে জৈব অস্থি-ভস্ম (bone-ash) উৎপন্ন হয়। অস্থি-ভস্মে প্রায় 80% ক্যালসিয়াম ফসফেট থাকে।

অস্থি-ভস্ম হইতে ফসফোরাস দুইটি প্রণালীতে উৎপন্ন হইয়া থাকে ঃ

(১) পুরাতন রিটর্ট প্রণালী (Retort Process) ও (২) আধুনিক বিদ্যুৎচুল্লী বা **'রিড্‌ম্যান-পার্কার-রবিনসন্'** প্রণালী (Readman-Parker-Robinson's Process)।

রিটর্ট প্রণালী ঃ

এই প্রণালীতে প্রথমে অস্থি-ভস্মকে উত্তমরূপে গাঢ় H_2SO_4-এর সহিত মিশ্রিত করিয়া ক্যালসিয়ম সালফেট ও ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা হয়—

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

উৎপন্ন $CaSO_4$, পরিস্রুতির সাহায্যে ফসফোরিক অ্যাসিড হইতে পৃথক করা হয় এবং ফসফোরিক অ্যাসিডকে বাষ্পীভবন দ্বারা গাঢ় করা হয়। পরে গাঢ় ফসফোরিক অ্যাসিড দ্রবণটি কোক ও কাঠকয়লার সহিত মিশ্রিত করিয়া লৌহপাত্রে উত্তপ্ত করিলে মেটাফসফোরিক অ্যাসিড (HPO_3) উৎপন্ন হইয়া থাকে—

$$H_3PO_3 = HPO_3 + H_2O$$

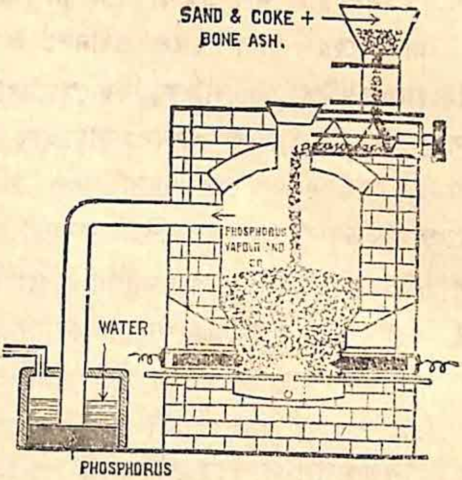
উৎপন্ন HPO_3-সহ মিশ্রণটিকে সর্বশেষে অগ্নিসহ-মৃত্তিকা (fire clay) নির্মিত রিটর্টে পুনরায় অতি তীব্রভাবে উত্তপ্ত করিলে ফসফোরাস উৎপন্ন হয় এবং রিটর্টের গ্রীবাপ্রান্তটি জলে নিমজ্জিত রাখিলে উৎপন্ন বাষ্পীভূত ফসফোরাস রিটর্ট-গ্রীবা বাহিত হইয়া জলে কঠিনীভূত অবস্থায় জমিতে থাকে।

$$4HPO_3 + 12C = 2H_2 + 12CO + 4P$$

আধুনিক বিদ্যুৎ-চুল্লী প্রণালী :

আধুনিক প্রণালীতে, ফসফোরাস-উৎপাদনের জন্য বিশেষভাবে নির্মিত অগ্নিসহ বিদ্যুৎচুল্লী ব্যবহৃত হয়। এই চুল্লী ইষ্টক-নির্মিত হইয়া থাকে এবং উহার উপরি অংশে উত্তপ্ত গ্যাস নির্গমনের জন্য একটি নির্গম-নল ও নিম্নাংশে স্ল্যাগ (slag) নির্গমনের জন্য নির্গম-নল যুক্ত থাকে। চুল্লীটির নিম্নাংশে দুইটি সুদৃঢ় কার্বনদণ্ড অনুপ্রবিষ্ট থাকে। কার্বনদণ্ড দুইটি খুব কাছাকাছি থাকে কিন্তু স্পর্শ করে না। এক্ষণে কার্বনদণ্ড দুইটি বিদ্যুৎ-উৎসের সহিত যুক্ত করিয়া তীব্র-তড়িৎ চালনা করিলে দণ্ড দুইটির মধ্যে একটি তীব্র উত্তাপের 'আর্ক' উদ্ভূত হয় ও তাহার তাপে বিদ্যুৎচুল্লীটির অভ্যন্তর প্রচণ্ড উত্তপ্ত হইয়া উঠে।

চুল্লীটির উপরে একটি গ্রাহক-দ্বার (hopper) থাকে। গ্রাহক দ্বারপথে পদার্থ যোগ করা হয় এবং গ্রাহক-দ্বারের নিম্নে একটি স্ক্রু-এর ন্যায় চালকদণ্ডের (warm-conveyor) সাহায্যে উহা ঘুরিতে ঘুরিতে চুল্লীতে গিয়া পড়ে। চুল্লীটিতে বায়ু প্রবেশের সম্ভাবনা নিরোধ করার জন্যই এই কৌশল অবলম্বন করা হয় (চিত্র, ২৬)।



চিত্র, ২৬—ফসফোরাস নিষ্কাষণ

বিদ্যুৎ-চুল্লী প্রণালীতে, রকফসফেট চূর্ণ (বা অস্থিভস্ম চূর্ণ), কোকচূর্ণ ও বালুকার মিশ্র গ্রাহক-দ্বার পথে প্রবিষ্ট করাইয়া চুল্লীটিতে আর্ক উৎপন্ন করা হয় ; প্রথমতঃ চুল্লীর তীব্র তাপে (1200°C) ক্যালসিয়ম ফসফেট ও বালুকা বিক্রিয়া করে এবং ক্যালসিয়ম সিলিকেট ও ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন করে।

$$Ca_3(PO_4)_2+3SiO_2=3CaSiO_3+P_2O_5$$

উৎপন্ন ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড পরে কোকচূর্ণ দ্বারা বিজারিত হইয়া ফসফোরাস ও কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন করে—$2P_2O_5+10C=10CO+4P$

সমগ্র বিক্রিয়াটির উৎপন্ন পদার্থগুলির মধ্যে ক্যালসিয়ম সিলিকেট উত্তাপে গলিয়া স্ল্যাগরূপে নিম্নে পড়ে ; ফসফোরাস ও CO বাষ্পরূপে উপরিস্থ নির্গম-নলপথে চুল্লীর বাহিরে আসে। নির্গম-নলের অপর প্রান্তটি একটি জলপূর্ণ পাত্রে নিমজ্জিত থাকে। ফসফোরাস শীতল হইয়া কঠিনাকারে জলের নীচে সঞ্চিত হয় ও CO বাহির হইয়া যায়।

ফসফোরাসের বিশোধন ঃ

শিল্পোৎপাদিত ফসফোরাস প্রায়শঃই নানা কলুষ পদার্থ মিশ্রিত থাকে। ইহাকে বিশোধনের জন্য প্রথমতঃ ইহাকে ক্রোমিক (Chromic) অ্যাসিড সহযোগে বিগলিত করা হয় ও উহার ফলে কলুষ পদার্থগুলি জারিত হইয়া থাকে। পরে গলিত ফসফোরাসকে ক্যানভ্যাস বা শ্যাময়-চামড়ার (chamois leather) মধ্য দিয়া ছাঁকিয়া লইলে বিশুদ্ধ ফসফোরাস পাওয়া যায়। এই ফসফোরাস সাধারণতঃ যষ্টি-আকারে ঢালাই করিয়া লওয়া হয়।

ফসফোরাসের ধর্ম ঃ ভৌত ধর্ম ঃ

সাধারণ শিল্পোৎপাদিত ফসফোরাসকে শ্বেত-ফসফোরাস (white phosphorus), বর্ণহীন ফসফোরাস (colourless phosphorus), অধাতব ফসফোরাস (non matallic phosphorus) এবং কখনও কখনও হলুদ ফসফোরাসও (yellow phosphorus) বলা হয়। ফসফোরাস অন্যান্য নানা রূপভেদেও পাওয়া যায় ; যথা—লোহিত ফসফোরাস (red phosphorus), বেগুনী ফসফোরাস (scarlet phosphorus) ইত্যাদি। শ্বেত-ফসফোরাস, একটি প্রায়-বর্ণহীন, অস্বচ্ছ (translucent) মোম-জাতীয় কঠিন পদার্থ। ইহা নরম বলিয়া ছুরির দ্বারা সহজেই কাটিয়া টুকরা করা যায়। ইহার ঘনত্ব 1·8, গলনাংক 44° সে. এবং স্ফুটনাংক 280° সে.। 30° সে.-এর অধিক উষ্ণতায় ও বায়ু সংস্পর্শে ইহা দাহ্য বলিয়া ইহাকে জলতলে সংগ্রহ করা হয়। গলিত ফসফোরাস এবং ফসফোরাসের বাষ্প বর্ণহীন। ফসফোরাসের বাষ্প-ঘনত্ব হইতে ইহার আণবিক সংকেত P_4 বলিয়া ধার্য হইয়াছে। 800° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় ইহার আংশিক বিয়োজন ঘটে :—$P_4 = P_2 + P_2$

শ্বেত-ফসফোরাস জলে অদ্রাব্য, কিন্তু কার্বন ডাইসালফাইড, বেনজিন, ক্লোরোফর্ম প্রভৃতি দ্রাবকে অতি মাত্রায় দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

আর্দ্র বায়ুর সংস্পর্শে শ্বেত-ফসফোরাস গাঢ় সাদা ধূম উৎপন্ন করিয়া স্বতঃই জারিত হইতে থাকে। জারণ-কালে ফসফোরাস হইতে একটি অতি মৃদু সবুজাভ-সাদা (greenish white) আলোক বিকীরিত হইতে থাকে। অন্ধকার ঘরে নির্গম নলযুক্ত একটি জলপূর্ণ ফ্লাস্কে কিছু ফসফোরাস ফুটাইলে উৎপন্ন স্টীমের সহিত ফসফোরাস বাষ্প নির্গম-নলমুখে আলোক বিকীরণ করিয়া স্বয়ংপ্রভরূপে জ্বলিতে থাকে। ফসফোরাসের এই স্বয়ংপ্রভতা ফসফোরাসের একটি বৈশিষ্ট্য। স্বয়ংপ্রভ আলোক বিকীরণ করিয়া ফসফোরাস ধীরে ধীরে জারিত হইয়া P_4O_6 ও P_4O_{10} উৎপন্ন করে।

অন্য বস্তুর সহিত অত্যন্ত অল্প পরিমাণে (লক্ষ ভাগের এক ভাগ) মিশ্রিত

থাকিলেও এই আভা হইতে ফসফোরাসের উপস্থিতি জানা যায়। ইহাকে ফসফোরাসের অনুপ্রভা (Phosphorescence) বলে।

ফসফোরাসের এই স্বতঃ দহনের (auto combustion) জন্য বাতাসে কিঞ্চিৎ জলীয় বাষ্পের উপস্থিতি থাকা দরকার। শুষ্ক অক্সিজেনে ফসফোরাস জারিত হয় না। তার্পিন তেল, কোহল প্রভৃতি ফসফোরাসের জারণে বাধকরূপে কাজ করে।

শ্বেত-ফসফোরাস অতি সক্রিয় মৌল। ইহা অক্সিজেন, হ্যালোজেন প্রভৃতি ও ধাতুর সহিত সোজাসুজি যুক্ত হইয়া যথাক্রমে অক্সাইড, হ্যালাইড, ফসফাইড প্রভৃতি যৌগ উৎপন্ন করে। এই সব বিক্রিয়ায় তাপ ও আলো সৃষ্টি হয় এবং P প্রায়ই জলিয়া উঠে। অক্সিজেনের সহিত ফসফোরাসের আসক্তি (affinity) অত্যধিক বলিয়া ফসফোরাস একটি উত্তম বিজারক পদার্থ। ইহা H_2SO_4, HNO_3 $CuSO_4$ প্রভৃতিকে বিজারিত করে—

$$4P+3O_2=2P_2O_3\ ;\ 4P+5O_2=2P_2O_5$$

$$4P+6Cl_2=4PCl_3\ ;\ 4P+10Cl_2=4PCl_5\ ;\ 3Cu+2P=Cu_3P_2$$

শ্বেত-ফসফোরাস ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় ফসফিন্ (Phosphine) গ্যাস উৎপন্ন করে :—$P_4+3NaOH+3H_2O=PH_3+3NaH_2PO_2$

ফসফোরাস একটি অতি বিষাক্ত পদার্থ। ইহা চর্মের সংস্পর্শে বিষাক্ত ক্ষত উৎপন্ন করে এবং ফসফোরাস-বাষ্পের সংস্পর্শে দাঁত ও চোয়ালের হাড় বিশেষ ক্ষতিগ্রস্ত হয়।

ফসফোরাসের রূপভেদতা (Allotrpic modification) :

ফসফোরাস নানা রূপভেদে বর্তমান থাকে। তন্মধ্যে **শ্বেত-ফসফোরাস** এবং **লোহিত-ফসফোরাসই** অধিক গুরুত্বপূর্ণ রূপভেদ।

লোহিত-ফসফোরাসের প্রস্তুতি :

বায়ুর সংযোগ রহিত একটি আবদ্ধ লৌহপাত্রে শ্বেত-ফসফোরাস লইয়া উহা 240°—250° C.-এ সতর্কভাবে উত্তপ্ত করিলে শ্বেত-ফসফোরাস লোহিত-ফসফোরাসে পরিবর্তিত হয়। আয়োডিনের সান্নিধ্যে পরিবর্তনটি দ্রুততর হয়। আয়োডিন প্রভাবক রূপে কাজ করে। বিক্রিয়া শেষে পাত্রটি উন্মুক্ত করিয়া অবশেষে কঠিন পদার্থকে NaOH দ্রবণ যোগ করিয়া স্ফুটানো হয়; কোন অপরিবর্তিত শ্বেত-ফসফোরাস অবশিষ্ট থাকিলে উহা এই প্রক্রিয়ায় বিনষ্ট হয়। অবশেষে পদার্থটি জল দ্বারা ধৌত ও পরে শুষ্ক করিলে লোহিত-ফসফোরাস পাওয়া যায়।

লোহিত-ফসফোরাসের ধর্ম :

লোহিত-ফসফোরাস রক্ত-বেগুনী রঙের কঠিন পদার্থ। শ্বেত-ফসফোরাসের ন্যায় ইহা স্বয়ংপ্রভ ও সক্রিয় নহে। ইহার গলনাংক প্রায় 600°C. এবং স্ফুটনাংক অতি

উচ্চ উষ্ণতা। ইহার ঘনত্ব, 2·2 গ্রাম/সি.সি. এবং ইহা জলে ও CS_2 দ্রবণে অদ্রাব্য।

শ্বেত-ফসফোরাসের ন্যায় ইহারাও ক্লোরিন, অক্সিজেন, সালফার প্রভৃতির সহিত বিক্রিয়া করে, কিন্তু শ্বেত-ফসফোরাসের ন্যায় উহা সক্রিয় নহে। শ্বেত-ফসফোরাস অপেক্ষা লোহিত-ফসফোরাস অধিকতর স্থায়ী। NaOH দ্রবণের সহিত ইহার কোন বিক্রিয়া নাই। লোহিত-ফসফোরাস অতি উত্তপ্ত করিলে বাষ্প হয়; এই বাষ্পকে পরে শীতল করিলে উহা শ্বেত-ফসফোরাস রূপে কঠিনীভূত হয়। ইহা শ্বেত-ফসফোরাসের ন্যায় বিষাক্ত নহে।

শ্বেত ও লোহিত ফসফোরাসের পারস্পরিক পরিবর্তন ঃ

শ্বেত হইতে লোহিত ফসফোরাস ঃ

কোন নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সান্নিধ্যে সামান্য আয়োডিনের উপস্থিতিতে শ্বেত-ফসফরাসকে 240°—250°C-এ উত্তপ্ত করিলে উহা লোহিত-ফসফোরাসে পরিণত হয়।

লোহিত হইতে শ্বেত-ফসফোরস ঃ

কোনো নিষ্ক্রিয় গ্যাসের সান্নিধ্যে লোহিত-ফসফোরাসকে 550° সেন্টিগ্রেডের অধিক উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন গ্যাসকে দ্রুত শীতল করিলে উহা কঠিনীভূত হইয়া শ্বেত-ফসফোরাস উৎপন্ন করে।

$$\text{সাদা } P \xrightarrow{240^\circ - 250^\circ C} P \text{ লাল}$$

$$\text{সাদা } \xleftarrow[\text{550°C এর উর্ধ্বে বাষ্পীকরণ ও শীতল করণ}]{} \text{ লাল}$$

ফসফোরাসের ব্যবহার ঃ

(১) শ্বেত-ফসফোরাস, লোহিত-ফসফোরাস ও ফসফোরাস পেণ্টক্সাইড প্রস্তুতিতে প্রধান উপাদানরূপে ব্যবহৃত হয়। শ্বেত-ফসফোরাস হইতে 'লুসিফার দেশলাই' (Lucifer matches) প্রস্তুত হয়।

(২) লোহিত-ফসফোরাস—সাধারণ দেশলাই উৎপাদনে প্রচুর ব্যবহৃত হয়। পরীক্ষাগারে, HBr, HI, প্রভৃতি প্রস্তুতিতে লোহিত-ফসফোরাস ব্যবহৃত হয়।

(৩) ফসফোরাস হইতে কীটঘ্ন ঔষধ প্রস্তুত হয়; ফসফোরাস ঘটিত জৈব যৌগিক হইতে বহু ঔষধাদি প্রস্তুত হইয়া থাকে।

(৪) ফসফোরাস হইতে ফসফর-ব্রোঞ্জ (phosphor-bronze) নামক একটি গুরুত্বপূর্ণ ধাতু-সংকর প্রস্তুত হয়।

(৫) যুদ্ধকালে ধূম্রজাল সৃষ্টির জন্য এবং হাত-বোমা ও আগুনে-বোমাতে ফসফোরাস ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

শ্বেত ও লোহিত ফসফোরাস বাদেও ফসফোরাসের আরও কয়েক প্রকার রূপভেদ আছে।

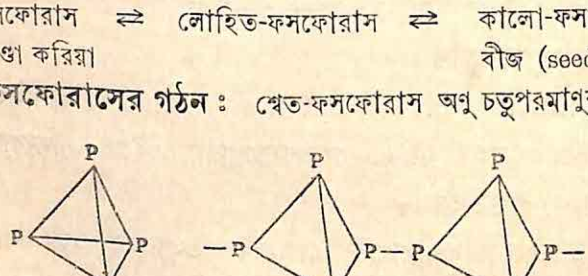
বেগুনী-ফসফোরাস (Violet phosphorus) ঃ গলিত লেড বা বিসমাথ হইতে ফসফোরাসকে কেলাসিত করিলে বেগুনী-ফসফোরাসের কেলাস পাওয়া যায়। বদ্ধমুখ টিউবে লোহিত ফসফোরাসকে 530°C উষ্ণতায় তাপিত করিলেও বেগুনী-ফসফোরাস প্রস্তুত হয়। ইহা তড়িৎ পরিবহন করে না।

রক্তিম-ফসফোরাস (Scarlet phosphorus) ঃ কার্বন ডাই-সালফাইডে সাদা ফসফোরাসকে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণকে দীর্ঘ সময় সূর্যালোকে রাখিয়া দিলে দ্রবণ হইতে গাঢ় উজ্জ্বল লালবর্ণের অনিয়তাকার ফসফোরাস বাহির হইয়া আসে। ইহাই রক্তিম-ফসফোরাস।

কালো-ফসফোরাস (Black phosphorus) ঃ সাদা ফসফোরাসকে অত্যধিক চাপে (12000 কেজি/বর্গ সেমি.) ও 200°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে **কালো-ফসফোরাস** পাওয়া যায়। Hg অনুঘটক ও অত্যল্প পরিমাণ কালো-ফসফোরাসের সান্নিধ্যে 250°C-এ তাপিত করিলে লোহিত-ফসফোরাস কালো-ফসফোরাসে পরিণত হয়। কালো-ফসফোরাস বীজরূপে (seed) কাজ করে। কালো ফসফোরাস ধূসর কৃষ্ণবর্ণের স্ফটিকাকার কঠিন পদার্থ, ইহা গ্রাফাইটের মত স্তরে স্তরে সজ্জিত থাকে এবং তাপ ও তড়িতের সুপরিবাহী। সেইজন্য ইহাকে ধাতব (metallic) ফসফোরাস বলে। ফসফোরাসের এই তিন রূপভেদই CS_2-এ দ্রব হয়; আর্দ্র বাতাসে জারিত হয়।

$$\text{শ্বেত-ফসফোরাস} \underset{\text{বাষ্প ঠাণ্ডা করিয়া}}{\overset{250^\circ C}{\rightleftharpoons}} \text{লোহিত-ফসফোরাস} \underset{\text{বীজ (seed)}}{\overset{250^\circ C + Hg \text{ অনুঘটক}}{\rightleftharpoons}} \text{কালো-ফসফোরাস}$$

শ্বেত-ফসফোরাসের গঠন ঃ শ্বেত-ফসফোরাস অণু চতুপরমাণুক অর্থাৎ উহার



চিত্র, ২৭—শ্বেত ফসফোরাসের গঠন

অণু চারটি পরমাণু সমবায়ে গঠিত। এই চারটি পরমাণু সমযোজ্যতার বন্ধনে সংযুক্ত হইয়া টেট্রাহেড্রন রচনা করিয়া উহার চারটি কোণায় অবস্থান করে। ফসফোরাস বাষ্পের

কাঠামোও এইরূপ। লোহিতফসফরাস গঠন কালে শ্বেত-ফসফরাসের অণুর (P_4) একটি ফসফরাস, ফসফরাস বন্ধন ছিন্ন হইয়া যায়; ফলে ফসফরাস অণুর টেট্রাহেড্রা পরস্পর এক সারিতে সংঘবদ্ধ হয়। কালো ফসফরাসে আরও যোজ্যতা-বন্ধন ছিন্ন-বিচ্ছিন্ন হইয়া ফসফরাস পরমাণু যড়-ভুজাকারের বলয়জালে (in a network of hexagonal rings) পরস্পর জুড়িয়া যায় (চিত্র, ২৬)।

ফসফরাস চক্র : প্রাণী ও উদ্ভিদমাত্রেরই বৃদ্ধি ও পুষ্টির জন্য ফসফরাস একান্ত প্রয়োজন। উদ্ভিদ মাটি হইতে প্রয়োজনীয় ফসফরাস সংগ্রহ করে এবং ফলমূল শাক-সব্জী প্রভৃতির মারফৎ প্রাণিজগতকে ফসফরাস প্রদান করে। মানুষ ও অন্যান্য মাংসাশী প্রাণী ডিম, দুধ, মাংস ইত্যাদি হইতেও ফসফরাস লাভ করে। জৈবজগতের পচন ও ধ্বংসের ফলে প্রাণিজগতের মলমূত্রের সংগে ঐ ফসফরাস মাটিতে আবার ফিরিয়া আসে। এইভাবে জৈবজগত ও মাটির ভিতর নাইট্রোজেনের মত ফসফরাসের আদান-প্রদানেরও একটি আবর্তন চক্র অবিরত সংঘটিত হইতেছে।

শ্বেত ও লোহিত ফসফরাসের তুলনা

ধর্ম	শ্বেত	লোহিত
বর্ণ	সাদা ; সাধারণতঃ হলুদাভ	লালবেগুনী
গন্ধ	রসুনের মত	গন্ধহীন
ঘনত্ব	1·8 গ্রাম/সি.সি.	2·2 গ্রাম/সি.সি.
গলনাঙ্ক	44°C	নির্দিষ্ট গলনাঙ্ক নাই 500°C এর অধিক
বিদ্যুৎ পরিবাহিতা	বিদ্যুৎ অপরিবাহী	মৃদু বিদ্যুৎপরিবাহী
কার্বন ডাই সালফাইড, বেঞ্জিন, অ্যালকোহলে	দ্রবণীয়	অদ্রাব্য
জলে দ্রাব্যতা	অদ্রবণীয়	অদ্রবণীয়
প্রজ্বলন তাপমাত্রা	30°C	260°C
বাতাসে ক্রিয়া	অন্ধকারে অনুপ্রভা বিকিরণ করে।	অনুপ্রভা নাই
Cl_2	খুবই সক্রিয়। স্বতঃই জ্বলিয়া উঠে ও ক্লোরাইড গঠন করে	উত্তপ্ত করিলে সংযোগ ঘটে
NaOH (গাঢ়)	হাইপোফসফাইট লবণ তৈরী হয় ও ফসফিন, (PH_3), গ্যাস নির্গত হয়	কোন বিক্রিয়া নাই।
উষ্ণ গাঢ় HNO_3	বিস্ফোরণ সহ বিক্রিয়া ঘটিয়া H_3PO_4 এবং NO_2 উৎপন্ন হয়।	অপেক্ষাকৃত ধীরে বিক্রিয়া ঘটে। $H_3PO_4 3NO_2$ উৎপন্ন হয়।
বিষক্রিয়া	অত্যন্ত বিষাক্ত	বিষাক্ত নয়।

সাধারণ চাপ ও তাপমাত্রায় সাদা-ফসফরাস অস্থায়ী এবং সর্বদাই লাল-ফসফরাসে পরিবর্তিত হওয়ার প্রবণতা দেখা যায়।

তৃতীয় অধ্যায়

সালফার (Sulphur)

চিহ্ন—S ; পারমাণবিক ভার—32 ; পরমাণু ক্রমাংক—16

ইলেকট্রন বিন্যাস :

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$$

পূর্বকথা :

সালফার বা গন্ধক একটি সুপরিচিত মৌল। অতি প্রাচীনকাল হইতে উহা ব্যবহার হইতেছে। বাইবেলের মত প্রাচীন পুস্তকেও ইহার বর্ণনা পাওয়া যায়। প্রাচীন হিন্দু রসায়নে ও চিকিৎসা শাস্ত্রে এবং শিল্পে গন্ধকের বহুল ব্যবহার হইত। 'সালফার' নামটি সম্ভবতঃ গন্ধকের প্রাচীন সংস্কৃত নাম 'স্থলভেরি'র (Sulvery) অপভ্রংশ ; (স্থলভেরি কথার অর্থ 'তাম্র ধ্বংসী')।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

প্রকৃতিতে সালফার প্রচুর পরিমাণে মৌল ও যৌগাবস্থায় বর্তমান আছে। মৌল সালফার প্রধানতঃ আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে—যথা, সিসিলি, জাপান,, আমেরিকা প্রভৃতি দেশে পাওয়া যায়।

যৌগাবস্থায় সালফার ধাতব সালফাইড ও সালফেট খনিজে বর্তমান থাকে। কয়েকটি প্রধান সালফাইড ও সালফেট খনিজের নাম দেওয়া হইল—

১। সালফাইড :

আয়রন পিরাইটিস—FeS_2, কপার পিরাইটিস—Cu_2S, Fe_2S_3, গ্যালেনা—PbS, জিংক ব্লেণ্ড—ZnS, সিনাবার—HgS, অরপিমেণ্ট—As_2S_3 ইত্যাদি।

২। সালফেট :

জিপ্সাম—$CaSO_4, 2H_2O$

কাইসেরাইট—$MgSO_4, H_2O$

হেভিস্পার—$BaSO_4$ ইত্যাদি।

ইহা ছাড়া আগ্নেয়গিরির বাষ্পে কিছু H_2S ও SO_2 বর্তমান থাকে। বহু জৈব যৌগিক এবং প্রাণী ও উদ্ভিদদেহের বিভিন্নাংশে সালফার থাকে। পেঁয়াজ, রসুন, সরিষার তৈল, ডিমের হলুদ অংশ, চুল প্রভৃতিতে সালফার ঘটিত জৈব-যৌগিক আছে।

সালফারের শিল্প-প্রস্তুতি :

সালফার উৎপাদনে আমেরিকার স্থান সর্বাগ্রে। দুইটি পদ্ধতিতে সালফার উৎপাদন করা হয়।

১। সিসিলীয় পদ্ধতি :

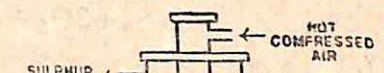
সিসিলীতে প্রাপ্ত সালফারকে সাধারণতঃ নিম্নলিখিত উপায়ে ব্যবহারোপযোগী করা হয়।

এই প্রণালীতে প্রথমতঃ অবিশুদ্ধ প্রকৃতিজ সালফারকে একটি ঢালুতলযুক্ত প্রকোষ্ঠে স্তূপীকৃত করিয়া প্রকোষ্ঠটি চুল্লীতে উত্তপ্ত করা হয়। উত্তাপের ফলে সালফার অংশত জ্বলিয়া সালফার ডায়ক্সাইডে পরিণত হইতে থাকে ও এই তাপদায়ী বিক্রিয়াটির উৎপন্ন তাপে অবশিষ্ট সালফার গলিয়া ঢালু তল বহিয়া প্রবাহিত হইয়া আসে।

এইরূপে উৎপন্ন সালফার সম্পূর্ণ বিশুদ্ধ হয় না বলিয়া ইহাকে একটি লৌহপাত্রে ফোটান হয় (444° সে.); সালফার পাতিত হইয়া আসে; পাতিত সালফার-বাষ্পকে একটি শীতল প্রকোষ্ঠে কঠিনীভূত করা হয়। পাতিত ও কঠিনীভূত সালফার বিশুদ্ধ হইয়া থাকে।

২। আমেরিকান পদ্ধতি বা ফ্রাস (Frasch) পদ্ধতি।

আমেরিকার লুইসিয়ানা অঞ্চলে 500—800 ফিট ভূ-নিম্নে লক্ষ লক্ষ টন সালফারের স্তর দেখিতে পাওয়া যায়। ইহাই পৃথিবীর বৃহত্তম সালফার উৎস। ভূ-পৃষ্ঠ হইতে ভিন্ন ভিন্ন ব্যাসের তিনটি এককেন্দ্রিক নল (নলকূপের ন্যায় মাটি খনন করিয়া ভূ-নিম্নে সালফার উৎস পর্যন্ত প্রবেশ করান হয়। বহিস্থঃ নলটির মধ্য দিয়া প্রায় 10 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে অতি তপ্ত জল (Super-heated water—180°C) এ চালনা করা হয়। মধ্যস্থলের নলটির ভিতর দিয়া অত্যন্ত বেশী চাপে বাতাস প্রবেশ করাইয়া দেওয়া হয়। অতি তপ্ত জল নলপথে নামিয়া নিম্নের সালফার উৎসকে গলাইয়া দেয়; গলিত সালফার অতি চাপে প্রবিষ্ট বাতাসে ফেনায়িত হইয়া উঠে এবং মধ্যবর্তী নল দিয়া সবেগে ফেনারূপে উপরে উঠিয়া আসে (চিত্র, ২৭)।



চিত্র. ২৭—সালফারের প্রস্তুতি :'ফ্রাস প্রণালী

এই উর্ধোৎক্ষিপ্ত সালফার-ফেনাকে কাষ্ঠের পাত্রে শীতল করিয়া কঠিনীভূত করা হইয়া থাকে। এই উৎপন্ন সালফারের বিশুদ্ধতা 99·5—99·9% বলিয়া উহার পৃথক বিশুদ্ধতা নিষ্প্রয়োজন।

৩। উপজাত পদার্থ হইতে সালফার প্রস্তুতি :

(ক) কয়লার মধ্যে সামান্য পরিমাণ সালফার থাকে। কয়লা হইতে কোলগ্যাস প্রস্তুতির কালে কয়লার সালফার H_2S গ্যাসে পরিণত হয় ও এই গ্যাসকে সোদক আয়রন অক্সাইডে শোষিত করিয়া লওয়া হয় ; ফলে উহা H_2S শোষণ করিয়া **স্পেণ্ট অক্সাইডে** (Spent oxide) পরিণত হয়।

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = \underset{\text{স্পেণ্ট অক্সাইড}}{Fe_2S_3} + 6H_2O$$

কোলগ্যাস প্রস্তুতির কালে উপজাত এই স্পেণ্ট-অক্সাইড সালফার উৎপাদনের একটি উৎস।

স্পেণ্ট-অক্সাইডকে মুক্ত বায়ুতে উন্মুক্ত করিয়া রাখিলে উহা হইতে সালফার উৎপন্ন হয়—

$$2Fe_2S_3 + 3O_2 + 6H_2O = 4Fe(OH)_3 + 6S$$

(খ) লেবলাংক পদ্ধতিতে সোডিয়াম কার্বনেটের উৎপাদন কালে ক্যালসিয়ম সালফাইড (CaS) নামে একটি যৌগিক সহোৎপন্ন হয়। এই উপজাত CaS, বা **অ্যালকালি ওয়েষ্ট** (Alkali waste) সালফারের একটি উৎস।

এই উৎস হইতে সালফারের প্রস্তুতিকল্পে প্রথমতঃ অ্যালকালি ওয়েষ্টের চূর্ণ জলে প্রলম্বন করিয়া উহাকে CO_2 দ্বারা বিক্রিয়া করা হয় ; ফলে H_2S গ্যাস উৎপন্ন হইয়া থাকে ; $CaS + CO_2 + H_2O = CaCO_3 + H_2S$

উৎপন্ন H_2S-কে তখন অতি পরিমিত বায়ু সান্নিধ্যে দহন করিয়া সালফার পাওয়া যায় ; $2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$

(গ) খনিজ সালফাইড হইতে বিভিন্ন ধাতুর প্রস্তুতিকালে (যথা—Cu, Pb, Zn প্রভৃতি), SO_2-গ্যাস উপজাত হইয়া থাকে ; এই উপজাত SO_2-কে শ্বেততপ্ত কোকের উপর চালনা করিলে সালফার পাওয়া যায়—

$$SO_2 + C = CO_2 + S$$

সালফারের ধর্ম : ভৌত ধর্ম :

সাধারণ সালফার একটি পীতবর্ণের ভংগুর, কেলাসিত, কঠিন অধাতু পদার্থ। ইহা অস্বচ্ছ এবং তাপ ও বিদ্যুৎ অপরিবাহী। ইহা জলে অদ্রাব্য, কিন্তু জৈব-যৌগিক দ্রবণ, যথা, কার্বন ডাইসালফাইড, বেনজিন, টার্পেণ্টাইন প্রভৃতিতে দ্রাব্য।

সালফারের বহুরূপতা (Allotropy of sulphur) **:** সালফারের অন্যতম উল্লেখযোগ্য বৈশিষ্ট্য তাহার বহুরূপতা। সালফারের বিভিন্ন রূপভেদ বর্তমান ; এই রূপভেদগুলি রাসায়নিক ধর্মে একই রকম আচরণ করে, কিন্তু ভৌতধর্মে উহাদের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য রহিয়াছে। উহার প্রধান রূপভেদগুলি তিন অবস্থায় থাকে :

(i) কঠিন সালফার, (ii) তরল সালফার ও (iii) গ্যাসীয় সালফার।

কঠিন রূপভেদগুলি স্ফটিকাকার (নিয়তাকার) ও অনিয়তাকারে পাওয়া যায়।

নিয়তাকার	অনিয়তাকার
(i) রম্বিক বা α সালফার	(i) প্লাষ্টিক বা নমনীয় সালফার
(ii) প্রিজম্ বা সালফার	(ii) শ্বেত সালফার
	(iii) কলয়েড সালফার

রম্বিক সালফার :

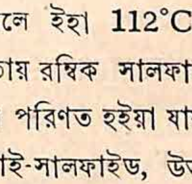
সাধারণ অবস্থায় যে সালফার পাওয়া যায়, তাহাই রম্বিক সালফার। সালফার চূর্ণকে কার্বন ডাই-সালফাইডে দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণকে শীতল করিলে রম্বিক সালফারের কেলাস পৃথক হইয়া আসে।

ধর্ম :

ইহা হলুদ রঙের ; ইহার কেলাস অষ্টপলা বিশিষ্ট। ধীরে ধীরে তাপ দিলে 95.5°C তে β সালফারে পরিণত হয়। খুব দ্রুত গরম করিলে ইহা 112°C-এ গলিয়া যায়। ইহার ঘনত্ব 2.06 গ্রাম/সি.সি.। সাধারণ উষ্ণতায় রম্বিক সালফারই সর্বাপেক্ষা স্থায়ী ; অন্যান্য রূপভেদগুলি এই রম্বিক সালফারে পরিণত হইয়া যায়। ইহা জল, অ্যালকোহল ও ইথারে সামান্য দ্রবণীয়, কিন্তু কার্বনডাই-সালফাইড, উত্তপ্ত বেঞ্জিন ও তার্পিন তৈলে বেশ দ্রবণীয়।

প্রিজম বা β সালফার :

গলিত সালফার কিংবা তার্পিন তৈলে দ্রবীভূত গরম সালফার দ্রবণকে 96.5°C-এর অধিক উষ্ণতায় শীতল করিলে β সালফারের স্ফটিক পাওয়া যায় (চিত্র, ২৮)।



চিত্র, ২৮—প্রিজম সালফার

ধর্ম : β সালফারকে মনোক্লিনিক সালফারও বলে। ইহার কেলাস হলুদ রঙের ; ইহার ঘনত্ব 1.96 গ্রাম/সি সি । ইহা CS_2-এ দ্রবণীয়। ইহা 119°C উষ্ণতায় গলে এবং একটি হলুদ রঙের তরলে পরিণত হয়। 96.5°C-এর ঊর্ধ্বে ইহা স্থায়ী এবং এই উষ্ণতার নীচে ইহা α সালফারে পরিবর্তিত হইয়া যায়। β সালফারের স্থায়িত্ব 96.5°C হইতে 119°C-এর মধ্যে।

প্লাষ্টিক সালফার :

ফুটন্ত সালফার কিংবা 200°C-এর অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত তরল সালফারকে যদি হঠাৎ ঠাণ্ডা জলে ঢালিয়া দেওয়া যায় তাহা হইলে রবারের মত নমনীয় এক প্রকার সালফার পাওয়া যায়। ইহাই প্লাষ্টিক বা নমনীয় সালফার। ইহাকে টানিয়া রবারের মত লম্বা করা যায়। ইহা CS_2-এ দ্রব হয় না। ধীরে ধীরে ইহা ∝ সালফারে পরিবর্তিত হইয়া যায়। প্লাষ্টিক সালফারে সালফার পরমাণুগুলি কুণ্ডলী আকারে (Spirally) সাজানো থাকে অর্থাৎ স্ক্রুর পাকের ন্যায় প্যাঁচানো। সেইজন্য ইহাকে টানিয়া রবারের মত লম্বা করা যায়।

শ্বেত সালফার :

সালফার বাষ্পকে ঠাণ্ডা করিলে উহা ছোট ছোট গুচ্ছ বা স্তবকে জড় হয়। এই ঘনীভূত সালফারকে গন্ধক রজ (flowers of sulphur) বলে। এই গন্ধক রজের একটি অংশ CS_2-এ অদ্রবণীয়। ইহাই শ্বেত সালফার। ইহার রং প্রায় সাদা।'

কোলয়েড সালফার :

বিভিন্ন রাসায়নিক বিক্রিয়ায় কোলয়েড সালফার উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম থায়ো-সালফেটের লঘু দ্রবণকে অ্যাসিড সহযোগে অম্লীকৃত করিলে কোলয়েড সালফার পাওয়া যায়। কোলয়েড সালফারের কণা এত ছোট যে, উহা জলে প্রলম্বিত অবস্থায় থাকে এবং জল দুধের মত সাদা ঘোলাটে হইয়া যায়।

তরল সালফার :

119°C উষ্ণতায় সালফার গলিয়া তরলে পরিণত হয়। উষ্ণতা বৃদ্ধি করিলে উহা 230°C-এ প্রায় কঠিনাকার ধারণ করে। উষ্ণতা আরও বাড়িলে ইহা আবার তরল হইয়া যায়। তরল অবস্থায় সালফারের একাধিক, $S\lambda$, $S\pi$, $S\mu$ এই তিন প্রকারের রূপভেদ থাকে। গলন এবং এই রূপভেদগুলির মধ্যে একটি গতিশীল সাম্যাবস্থা বর্তমান। গলনাঙ্কের কাছাকাছি $S\lambda$ থাকে; 120°—180°তে $S\pi$ অস্তিত্ব ক্রমশঃ বাড়িতে থাকে এবং 250°C-এর উপরে $S\mu$-র পরিমাণ বৃদ্ধি পায়।

গ্যাসীয় সালফার :

সালফারের স্ফুটনাঙ্ক 444°C। বাষ্পের রং গাঢ় লাল উষ্ণতা 444°C-এর উপর বৃদ্ধি পাইতে থাকিলে বাষ্পের গাঢ় লাল রং ফিকে হইতে থাকে এবং 1000°C উষ্ণতায় ইহার রং ফিকে হলুদ। বিভিন্ন উষ্ণতায় সালফার বাষ্পের অণুর গঠন পরিবর্তিত হইয়া যায় এবং উহার সংকেত S_8, S_6, S_4, S_2 প্রভৃতি হয়। 444°C-এর কাছাকাছি প্রধানতঃ S_8 অণু, 1000°C-এ S_2 অণু থাকে। আরও অধিক উষ্ণতায় অণু পরমাণুতে বিযোজিত হয়।

সালফারের উপর তাপের ক্রিয়া :

সালফারের উপর তাপের ক্রিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। সাধারণ সালফারকে উত্তপ্ত করিতে থাকিলে উহা 95·6°C-এ β সালফারে পরিবর্তিত হইয়া যায়। উষ্ণতা আরও বাড়াইলে β সালফার 119°C-এ গলিয়া ঈষৎ হলুদ রঙের তরল সালফারে পরিণত হয়। উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি পাইলে উহার রঙ গাঢ় হইতে থাকে এবং তরল সালফারের সান্দ্রতাও বাড়িতে থাকে এবং 200°C-এ খুব গাঢ় কমলা রঙের অত্যন্ত সান্দ্র, প্রায় কঠিন পদার্থ পাওয়া যায়। 230°C-এ এই সান্দ্র পদার্থটি প্রায় কৃষ্ণবর্ণ ধারণ করে। (সালফারে অপদ্রব্যের উপস্থিতির জন্যই উহার রঙ কালো হয়) এই অবস্থায় সালফার এত ঘন ও সান্দ্র হইয়া যায় যে, সালফার আধারটিকে উপুড় করিয়া দিলেও সালফার গড়াইয়া পড়ে না। আরও উষ্ণতা বাড়াইলে উহার রং-এর কোন বিশেষ পরিবর্তন হয় না, তবে উহার সান্দ্রতা হ্রাস পাইয়া সচলতা বৃদ্ধি পায়। পরিশেষে উষ্ণতা 444°C-এ পৌছিলে উহা ফুটিতে থাকে এবং তরল লাল রং-এর সালফার-বাষ্প উদ্ভূত হইতে থাকে। ফুটন্ত সালফারকে ধীরে ধীরে শীতল করিলে সালফারের এই পরিবর্তনগুলি পর্যায়ক্রমে বিপরীত দিকে নিষ্পন্ন হয়। তাপ প্রয়োগে সালফারের এই পরিবর্তন উহার অণুর গঠন পরিবর্তনের জন্যই ঘটিয়া থাকে।

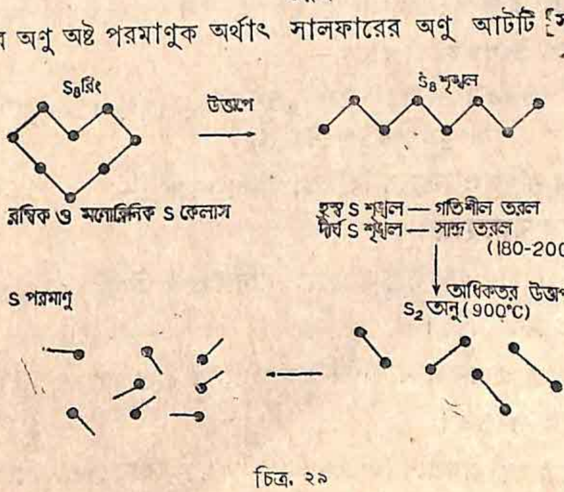
উষ্ণতা বাড়িতে থাকিলে সালফার বাষ্পের লাল রং ক্রমশঃ হলুদ হইতে থাকে। 1000°C-এ উহার রং হাল্‌কা হলুদ।

95·5° 118·75° 180° উত্তাপ 444·6 বাষ্প 1000° 2000°

$$S_{\alpha} \rightleftharpoons S_{\beta} \rightleftharpoons S_{\lambda} \rightleftharpoons S_{\pi} \rightleftharpoons S_{\mu} \rightleftharpoons S_{\delta} \rightleftharpoons S_{2} \rightleftharpoons S$$

সান্দ্রতরল কালো গতিশীল
তরল

সালফারের অণু অষ্ট পরমাণুক অর্থাৎ সালফারের অণু আটটি সালফার পরমাণু



চিত্র, ২৯

লইয়া গঠিত (চিত্র, ২৯) এবং এই পরমাণুগুলি আঁকা বাঁকা শৃঙ্খলে সংঘবদ্ধ।

উত্তাপে পরমাণুর শৃঙ্খল ছিন্নভিন্ন হইয়া গিয়া হ্রস্ব বা দীর্ঘ সারি রচনা করে। আরও উত্তাপে 1000°C-এ সালফার বাষ্পে S_2 অণু থাকে। আরও অধিক উষ্ণতায় সালফার অণু পরমাণুতে বিযোজিত হইয়া যায়।

রাসায়নিক ধর্ম : (১) সালফার চূর্ণ বায়ুতে দীর্ঘকাল রাখিলে উহা অক্সিজেন ও আর্দ্রতার প্রভাবে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয়।

(2) সালফার বায়ুতে দহন করিলে উহা নীল শিখা সহ জ্বলে এবং তীব্র কটুগন্ধী SO_2 গ্যাস উৎপন্ন করে—$S+O_2=SO_2$

(3) হাইড্রোজেনের সহিত সালফার, উত্তাপে সংযুক্ত হইয়া, H_2S গ্যাস উৎপন্ন করে—

$$H_2+S=H_2S$$

(4) বহু ধাতু ও অধাতুর (যথা Fe, হ্যালোজেন, C) সহিত উত্তাপে সালফার প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত হয়—

$$C+2S=CS_2\ ;\ 2S+Cl_2=S_2Cl_2\ ;\ Fe+S=FeS\ ;\ 2Na+S=Na_2S$$

সালফার-বাষ্পের মধ্যে একটুকরা কপার প্রবিষ্ট করাইলে উহা তীব্র বিক্রিয়ায় জ্বলিয়া উঠে ও Cu_2S উৎপন্ন করে—$2Cu+S=Cu_2S$

(5) সালফারের সহিত লঘু অম্লগুলির বিক্রিয়া নাই। গাঢ় জারক-অম্লের (যথা, H_2SO_4, HNO_3) সহিত S দ্রবীভূত ও জারিত হয়—

$$3S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$$
$$S+6HNO_3=H_2SO_4+6NO_2+2H_2O$$

(6) ক্ষার দ্রবণের সহিত সালফার চূর্ণ উত্তাপে দ্রবীভূত হইয়া সালফাইড ও সালফেট-লবণ উৎপন্ন করে ; সালফারের মাত্রা বেশী থাকিলে বিক্রিয়ার ফলে পলি-সালফাইড লবণও উৎপন্ন হইয়া থাকে—

$$4S+6NaOH=2Na_2S+Na_2S_2O_3+3H_2O$$
$$Na_2S+4S=Na_2S_5$$

চূণের জলের সহিতও অনুরূপ বিক্রিয়া ঘটিয়া থাকে

সালফারের ব্যবহার :

সালফারের ব্যবহার বহু বিস্তৃত এবং নানাক্ষেত্রে ইহার প্রয়োগের জন্য ইহার শিল্পগত গুরুত্ব অনেক বেশী।

(1) সালফার, প্রধানতঃ সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতির অপরিহার্য উপাদান রূপে সর্বাধিক ব্যবহৃত।

(2) রবারের কঠিনীকরণে (vulcanization), ঔষধরূপে ও কীটঘ্নরূপে সালফার প্রচুর ব্যবহৃত হয়।

চতুর্থ অধ্যায়

হ্যালোজেন মৌলসমূহ

(The Halogens)

ফ্লোরিণ (Flourine), ক্লোরিণ (Chlorine), ব্রোমিন (Bromine) এবং আয়োডিন (Iodine) এই চারিটি মৌলের পরস্পরের মধ্যে অতি নিকট সাদৃশ্য আছে এবং এই চারিটি মৌলকে একই শ্রেণীভুক্ত বলিয়া গণ্য করা হয় ও সে কারণে পর্যায়-সারণীতে উহাদের একই বর্গভূত করিয়া সন্নিবিষ্ট করা হইয়াছে।

এই চারিটি মৌলকে একত্রে **'হ্যালোজেন'** বা **লবণজান** বলা হয় (Halo—Sea salt, genas—to produce) ; সমুদ্র-জলকে বাষ্পীভূত করিয়া যে লবণগুলি পাওয়া যায়, উহাদের মধ্যে ক্লোরিণ, ব্রোমিন ও আয়োডিন-জাত লবণ প্রচুর পরিমাণে পাওয়া যায় বলিয়া উহাদের ঐরূপ নামকরণ হইয়াছে।

ফ্লোরিণ, ক্লোরিণ, ব্রোমিন ও আয়োডিন ইহারা সকলেই তড়িৎঋণাত্মক অধাতব মৌল। ফ্লোরিণ শুধু হ্যালোজেনদের মধ্যে নয়, সমস্ত মৌলদের মধ্যেই সর্বাপেক্ষা তড়িৎ ঋণাত্মক মৌল। ইহারা সকলেই জারণ ও বিরঞ্জন গুণ সম্পন্ন। ইহারা সক্রিয় বলিয়া প্রকৃতিতে মৌল অবস্থায় অবস্থান করেনা। নিম্নে উহাদের প্রধান প্রধান ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের একটি তালিকা দেওয়া হইল। পারমাণবিক ভার বৃদ্ধির সঙ্গে ইহাদের ধর্মের হ্রাস-বৃদ্ধি ঘটে। হ্যালোজেন যৌগদের মধ্যেও নিকট সাদৃশ্য পরিলক্ষিত হয়।

ভৌত ধর্ম :

ধর্ম	F	Cl	Br	I
(১) পারমাণবিক ভার	19	35 46	80	127
(২) পরমাণু ক্রমাঙ্ক	9	17	35	53
(৩) ইলেকট্রন সজ্জা	2, 7	2, 8, 7	2, 8, 18, 7	2, 8 18, 18, 7
বহি ,, ,,	$2s^2 2p^5$	$3s^2 3p^5$	$4s^2 4p^5$	$5s^5 5p^2$
(৪) অবস্থা	গ্যাস	গ্যাস	তরল	ধাতবদ্যুতি সম্পন্ন কেলাসাকার কঠিন
(৫) বর্ণ	পীতাভ	সবুজ হলুদ	গাঢ় লাল	গাঢ়ধূসর (কঠিন) বেগুনী (বাষ্প)
(৬) গন্ধ	অতি তীব্র	তীব্র	তীব্র	তীব্র
(৭) গলনাঙ্ক	—213° সে.	—102° সে.	—7·30° সে.	114° সে.
(৮) স্ফুটনাঙ্ক কঠিন বা তরলাবস্থায়	—187° সে.	—35° সে.	58 8° সে.	183° সে.
(৯) আপেক্ষিক গুরুত্ব	বায়ু অপেক্ষা ভারী	বায়ু অপেক্ষ 2½ গুণ ভারী	আঃ গুঃ 3·19	আঃ গুঃ 4·94
(১০) দ্রাব্যতা	জলকে বিশ্লিষ্ট করে	বেশ দ্রাব্য	বেশ দ্রাব্য	প্রায় অদ্রাব্য

(১১) তড়িৎ ঋণাত্মকতা :	4·0	3·0	2·8	2·5
(১২) পারমাণবিক ব্যাসার্দ্ধ A° :	0·72	0·99	1·14	1·33

স্পষ্টতঃই দেখা যাইতেছে যে পাঃ ভার বৃদ্ধির সঙ্গে হ্যালোজেনদের ঘনত্ব পারমাণবিক আয়তন, গলনাংক, স্ফুটনাঙ্ক প্রভৃতি বৃদ্ধি পাইতে থাকে; উহাদের বর্ণও গাঢ়তর হয়। ক্রমবর্ধমান পরমাণু সংখ্যার বৃদ্ধির সহিত উহাদের ভর বৃদ্ধি পায়, তৎসঙ্গে আন্তরাণবিক আকর্ষণও; ফলে গলনাংক ও স্ফুটনাংক বাড়িতে থাকে।

ইলেক্‌ট্রনের প্রতি আসক্তি ফ্লোরিণের সর্বাপেক্ষা বেশী; আয়োডিনের কম। পাঃ সংখ্যা বৃদ্ধির সহিত (i) নিউক্লিয়াসের পজিটিভ আধান বৃদ্ধি, (ii) নিউক্লিয়াস হইতে বহিস্থ ইলেকট্রনের দূরত্ব বৃদ্ধি এবং (iii) নিউক্লিয়াস ও বহিস্থ ইলেক্‌ট্রনের মধ্যবর্তী ইলেক্‌ট্রন সংখ্যা বৃদ্ধি পায়। হ্যালোজেনদের ইলেকট্রন আসক্তি বিচারে নিউক্লিয়াস ও বহিস্থ ইলেকট্রনের দূরত্বই বিশেষ কার্যকরী।

রাসায়নিক ধর্ম

ধর্ম	F	Cl	Br	I
(১) হাইড্রোজেনের সহিত বিক্রিয়া	তীব্র বিস্ফোরণ সহকারে সংযোগ ঘটে ও HF উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি অন্ধকারেও ঘটে। HF একটি স্থায়ী যৌগিক	ক্লোরিণ হাইড্রোজেনের সহিত সহজেই বিক্রিয়া করিয়া HCl উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি সূর্যালোকের সান্নিধ্যেই ঘটে। তীব্র আলোকে বিস্ফোরণ হয়। HCl, HF অপেক্ষা কম স্থায়ী।	হাইড্রোজেনের সহিত সংযোগ ঘটে, তবে F_2 ও Cl_2-এর মত তত সক্রিয়ভাবে নয়। বিক্রিয়া কেবল উত্তপ্ত অবস্থায়ই সম্ভব। বিক্রিয়ায় HBr উৎপন্ন হয়, উত্তপ্ত অবস্থায় HBr বিয়োজিত হয়।	সাধারণ অবস্থায় H_2-এর সহিত অতি কম ক্রিয়াশীল, তবে কোন অনুঘটকের উপস্থিতিতে উত্তপ্ত করিলে সংযোগ ঘটে ও HI উৎপন্ন করে। অল্প উষ্ণতায় HI বিয়োজিত হয়।
(২) জলের সহিত বিক্রিয়া	সাধারণ উষ্ণতায় জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া HF ও O_2 মিশ্রিত O_3 উৎপন্ন করে	সূর্যালোকের সান্নিধ্যে জলকে বিশ্লিষ্ট করে আস্তে আস্তে HCl ও O_2 দেয়	সূর্যালোকের সান্নিধ্যে অতি ধীরে জলকে বিশ্লিষ্ট করে।	কোন বিক্রিয়া নাই

ধর্ম	F	Cl	Br	I
(৩) ধাতুর সহিত বিক্রিয়া	প্রায় সমস্ত ধাতুই এই গ্যাসে জ্বলে ও ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে	অধিকাংশ ধাতুই এই গ্যাসে জ্বলে সব ধাতুই আক্রান্ত হয় ও ক্লোরাইড যৌগ গঠন করে	প্রায় সমস্ত ধাতুর সহিতই বিক্রিয়া করে. মাত্র কয়েকটি ধাতু এই গ্যাসে জ্বলে	প্লাটিনাম ব্যতীত সমস্ত ধাতুই বিক্রিয়া করে।
(৪) অধাতুর সহিত ক্রিয়া	সব অধাতুই আক্রান্ত হয়, N_2, O_2 C ব্যতীত	সব অধাতুই আক্রান্ত হয়, N_2, O_2 C ব্যতীত	সব অধতুই আক্রান্ত হয় N_2, O_2 C Si ব্যতীত	কেবলমাত্র P, As অন্যান্য হ্যালোজেন সরাসরি যুক্ত হয়.
(৫) বিরঞ্জন ধর্ম	জৈব পদার্থসমূহ বিশ্লিষ্ট হয়।	রঙিন জৈব পদার্থ সমূহ সহজেই বর্ণ-হীন হইয়া যায় (আর্দ্র অবস্থায়)।	ক্লোরিণ অপেক্ষ মৃদু গতিতে বিরঞ্জিত করে।	বিরঞ্জন ধর্ম প্রায় নাই বলিলেও চলে।
(৬) রাসায়নিক সক্রিয়তা : প্রতিস্থাপন ক্ষমতা	সর্বাপেক্ষা সক্রিয় ক্লোরাইড, ব্রোমাইড, আয়োডাইড ইত্যাদি হ্যালো-জেন লবণ হইতে Cl_2, Br_2, I_2 ইত্যাদি হ্যালোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে	F_2 অপেক্ষা কম সক্রিয ব্রোমাইড ও আয়োডাইড লবণ হইতে Br_2 ও I_2কে প্রতিস্থাপিত করে	Cl_2 আপেক্ষা কম ক্রিয়াশীল কেবলমাত্র আয়ো-ডাইড হইতে I-কে প্রতিস্থাপিত করে।	সর্বাপেক্ষা কম ক্রিয়াশীল। F, Cl, Br-এর মত প্রতিস্থাপন করিবার ক্ষমতা নাই।
(৭) অক্সাইড-সমূহ	F_2O, F_2O_2	Cl_2O, ClO_2 Cl_2O_6, Cl_2O_7	Br_2O, Br_3O_8	IO_2, I_4O_9, I_2O_5
(৮) স্টার্চ দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া	দ্রবণের জল বিশ্লিষ্ট করে	দ্রবণের বর্ণের পরিবর্তন হয় না	স্টার্চ দ্রবণ কমলা বর্ণের হয়	স্টার্চ দ্রবণ নীল বর্ণের হয়
(৯) ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া	সকল উষ্ণতায়ই দ্রবণের জলকে বিশ্লিষ্ট করে ও ফ্লুয়োরাইড শ্রেণীর লবণ ও অতি লঘু 2% দ্রবণের সহিত F_2O উৎপন্ন করে	(i) সাধারণ উষ্ণতায় ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট লবণ উৎপন্ন করে।	(i) সাধারণ উষ্ণতায় ব্রোমাইড ও হাইপোব্রোমাইট লবণ উৎপন্ন করে।	(i) সাধারণ উষ্ণতায় ক্ষার দ্রবণের সহিত আয়োডাইড ও হাইপোআয়ো-ডাইট লবণ উৎপন্ন করে ও পরে HOI উৎপন্ন করে।
		(ii) গাঢ় ও উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণের সহিত ক্লোরেট ও ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন করে	(ii) উত্তপ্ত অবস্থায় গাঢ় দ্রবণের সহিত ব্রোমাইড ও ব্রোমেট লবণ উৎপন্ন করে	(ii) উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণের সহিত আয়োডাইড ও আয়োডেট লবণ উৎপন্ন করে।

আন্তঃহ্যালাইড : উহারা পরস্পর যুক্ত হইয়া অন্তঃ হ্যালোজেন যৌগ গঠন করিয়া থাকে। যথা, IF_5, IF_7 ICl_3, $BrCl$, IBr, ইত্যাদি
BrF_3 ClF,

অক্সিঅ্যাসিড গঠনে ক্ষমতা : ক্লোরিণ ব্যতীত অন্যান্য হ্যালোজেনগুলি HOX ও HXO_3 সংকেতবিশিষ্ট অক্সিঅ্যাসিড গঠন করিয়া থাকে। Cl_2 ও I_2 পারহ্যালিক অ্যাসিড HXO_4 গঠন করে। অক্সি অ্যাসিড (বা অক্সাইডে) উহাদের জারণ স্তর +1 হইতে +7 পর্যন্ত হইতে পারে। অক্সি অ্যাসিডগুলি সবই জারক গুণবিশিষ্ট, উহাদের জারণ ক্ষমতা Cl_2 হইতে I_2 পর্যন্ত ক্রমশঃ হ্রাস পায়; উহাদের স্থায়িত্ব Cl_2 হইতে I_2 পর্যন্ত ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়। ইহাদের আম্লিক শক্তি, +1 স্তর হইতে +7 পর্যন্ত এবং I_2 হইতে Cl_2 পর্যন্ত পর পর বাড়িতে থাকে।

জারণস্তর —→আম্লিক শক্তি বৃদ্ধি—→

আম্লিক শক্তি বৃদ্ধি ↑

	+1	+3	+5	+7
	$HOCl$	$HClO_2$	$HClO_3$	$HClO_4$
	$HOBr$	$HBrO_2$	$HBrO_3$	
	HOI	HIO_2	HIO_3	HIO_4

উপরোক্ত তালিকা হইতে দেখা যায় যে--

(১) ইহারা দ্বি-পরমাণুক; পরমাণু সংখ্যা বৃদ্ধির সহিত উহাদের স্থায়িত্ব হ্রাস পায়।

(২) সকল হ্যালোজেন অতি সক্রিয় অধাতু।

(৩) সকল হ্যালোজেনই হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া তীব্র এক ক্ষারীয় হাইড্রাসিড অম্ল উৎপাদন করে। হ্যালোজেন হাইড্রাসিডগুলি সাধারণরূপে গ্যাসীয়, (HF সাধারণ উষ্ণতায় তরল) উহারা সমযোজী যৌগ কিন্তু জলে দ্রাব্য ও জলীয় দ্রবণ আয়নে বিয়োজিত হয়; যথা—

$$HX \rightarrow H^+ + X^- \text{ (X=হ্যালোজেন)}$$

HF লঘু দ্রবণে মৃদু অম্ল কিন্তু গাঢ় দ্রবণে তীব্র অম্ল। HF হইতে HI পর্যন্ত উহাদের স্থায়িত্ব কমিতে থাকে, কিন্তু বিজারণ ধর্ম বাড়িতে থাকে।

(৪) হ্যালোজেনগুলি অতি সহজেই ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া হ্যালাইড লবণ উৎপন্ন করে। বহু অধাতুর সহিত হ্যালোজেনগুলির যৌগিক উৎপন্ন হইয়া থাকে।

(৫) হ্যালোজেনগুলি উত্তম জারক পদার্থ। পাঃ ভার বৃদ্ধির সঙ্গে জারণ ধর্ম হ্রাস পায়, কিন্তু হ্যালাইড আয়নের বিজারণ ধর্ম বৃদ্ধি পায়।

(৬) লঘুভার হালোজেন গুরুভার হালোজেনের লবণ হইতে গুরুভার হালোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে—

$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2 \;;\; 2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

(৭) ফ্লোরিণ ব্যতীত সকল হালোজেনই জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিড ও ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে—

$$H_2O + X_2 = HX + HOX \;;\; 2KOH + X_2 = KX + KOX + H_2O$$

$$6KOH + 3X_2 = 5KX + KXO_3 + 3H_2O \; (X = Cl, Br, I)$$

F_2 জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া O_3 মিশ্রিত O_2 উৎপন্ন করে।

$$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2 \;;\; 3F_2 + 3H_2O = 6HF + O_3$$

ক্লোরিণ
(Chlorine)

চিহ্ন—Cl ; পারমাণবিক ভার—35·46 পরমাণু সংখ্যা—17

ইলেক্‌ট্রন বিন্যাস : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 2p^5$

আবিষ্কার :

1774 খৃস্টাব্দে শীলে প্রথম ক্লোরিণ প্রস্তুত করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

প্রকৃতিতে মৌলরূপে ক্লোরিণের অস্তিত্ব নাই, কিন্তু যৌগিকরূপে প্রচুর পরিমাণে ক্লোরাইড লবণ খনিজে ও সমুদ্রজলে পাওয়া যায়। ক্লোরাইড খনিজগুলির মধ্যে রক সল্ট (Rock salt—NaCl), সিলভাইন (Sylvine—KCl), কার্ণালাইট (Carnallite—KCl, $MgCl_2$ $6H_2O$) ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য। জীবদেহের ক্লোমরসে (gastric juice) NaCl ও HCl বর্তমান আছে।

ক্লোরিণের প্রস্তুতি :

সাধারণতঃ নিম্নলিখিত প্রণালীগুলির সাহায্যে ক্লোরিণ প্রস্তুত হইয়া থাকে :

১। HCl-এর বিয়োজন, জারণ এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণ,

২। ধাতুর ক্লোরাইডের তাপ বা তড়িৎ-বিশ্লেষণ,

৩। হাইপোক্লোরাইট লবণের সহিত লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়া।

আন্তঃহ্যালাইড : উহারা পরস্পর যুক্ত হইয়া অন্তঃ হ্যালোজেন যৌগ গঠন করিয়া থাকে। যথা, IF_5, IF_7, BrF_3, ICl_3, $BrCl$, ClF, IBr, ইত্যাদি

অক্সিঅ্যাসিড গঠনে ক্ষমতা : ক্লোরিণ ব্যতীত অন্যান্য হ্যালোজেনগুলি HOX ও HXO_3 সংকেতবিশিষ্ট অক্সিঅ্যাসিড গঠন করিয়া থাকে। Cl_2 ও I_2 পারহ্যালিক অ্যাসিড HXO_4 গঠন করে। অক্সি অ্যাসিড (বা অক্সাইডে) উহাদের জারণ স্তর $+1$ হইতে $+7$ পর্যন্ত হইতে পারে। অক্সি অ্যাসিডগুলি সবই জারক গুণবিশিষ্ট, উহাদের জারণ ক্ষমতা Cl_2 হইতে I_2 পর্যন্ত ক্রমশঃ হ্রাস পায়; উহাদের স্থায়িত্ব Cl_2 হইতে I_2 পর্যন্ত ক্রমশঃ বৃদ্ধি পায়। ইহাদের আম্লিক শক্তি, $+1$ স্তর হইতে $+7$ পর্যন্ত এবং I_2 হইতে Cl_2 পর্যন্ত পর পর বাড়িতে থাকে।

জারণস্তর ⟶আম্লিক শক্তি বৃদ্ধি⟶

আম্লিক শক্তি ↑ বৃদ্ধি

$+1$	$+3$	$+5$	$+7$
$HOCl$	$HClO_2$	$HClO_3$	$HClO_4$
$HOBr$	$HBrO_2$	$HBrO_3$	
HOI	HIO_2	HIO_3	HIO_4

উপরোক্ত তালিকা হইতে দেখা যায় যে--

(১) ইহারা দ্বি-পরমাণুক; পরমাণু সংখ্যা বৃদ্ধির সহিত উহাদের স্থায়িত্ব হ্রাস পায়।

(২) সকল হ্যালোজেন অতি সক্রিয় অধাতু।

(৩) সকল হ্যালোজেনই হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া তীব্র এক ক্ষারীয় হাইড্রাসিড অম্ল উৎপাদন করে। হ্যালোজেন হাইড্রাসিডগুলি সাধারণরূপে গ্যাসীয়, (HF সাধারণ উষ্ণতায় তরল) উহারা সমযোজী যৌগ কিন্তু জলে দ্রাব্য ও জলীয় দ্রবণ আয়নে বিয়োজিত হয়; যথা—

$$HX \rightarrow H^+ + X^- \text{ (X=হ্যালোজেন)}$$

HF লঘু দ্রবণে মৃদু অম্ল কিন্তু গাঢ় দ্রবণে তীব্র অম্ল। HF হইতে HI পর্যন্ত উহাদের স্থায়িত্ব কমিতে থাকে, কিন্তু বিজারণ ধর্ম বাড়িতে থাকে।

(৪) হ্যালোজেনগুলি অতি সহজেই ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া হ্যালাইড লবণ উৎপন্ন করে। বহু অধাতুর সহিত হ্যালোজেনগুলির যৌগিক উৎপন্ন হইয়া থাকে।

(৫) হ্যালোজেনগুলি উত্তম জারক পদার্থ। পাঃ ভার বৃদ্ধির সঙ্গে জারণ ধর্ম হ্রাস পায়, কিন্তু হ্যালাইড আয়নের বিজারণ ধর্ম বৃদ্ধি পায়।

(৬) লঘুভার হ্যালোজেন গুরুভার হ্যালোজেনের লবণ হইতে গুরুভার হ্যালোজেনকে প্রতিস্থাপিত করে—

$$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2 \; ; \; 2KI + Br_2 = 2KBr + I_2$$

(৭) ফ্লোরিণ ব্যতীত সকল হ্যালোজেনই জলের সহিত বিক্রিয়ায় অ্যাসিড ও ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় লবণ উৎপন্ন করে—

$$H_2O + X_2 = HX + HOX \; ; \; 2KOH + X_2 = KX + KOX + H_2O$$

$$6KOH + 3X_2 = 5KX + KXO_3 + 3H_2O \; (X = Cl, Br, I)$$

F_2 জলকে বিশ্লিষ্ট করিয়া O_3 মিশ্রিত O_2 উৎপন্ন করে।

$$2F_2 + 2H_2O = 4HF + O_2 \; ; \; 3F_2 + 3H_2O = 6HF + O_3$$

ক্লোরিণ

(Chlorine)

চিহ্ন—Cl ; পারমাণবিক ভার—35·46 পরমাণু সংখ্যা—17

ইলেক্‌ট্রন বিন্যাস : $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 2p^5$

আবিষ্কার :

1774 খৃস্টাব্দে শীলে প্রথম ক্লোরিণ প্রস্তুত করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

প্রকৃতিতে মৌলরূপে ক্লোরিণের অস্তিত্ব নাই, কিন্তু যৌগিকরূপে প্রচুর পরিমাণে ক্লোরাইড লবণ খনিজে ও সমুদ্রজলে পাওয়া যায়। ক্লোরাইড খনিজগুলির মধ্যে রক সল্ট (Rock salt—NaCl), সিলভাইন (Sylvine—KCl), কার্ণালাইট (Carnallite—KCl, $MgCl_2$ $6H_2O$) ইত্যাদি উল্লেখযোগ্য। জীবদেহের ক্লোমরসে (gastric juice) NaCl ও HCl বর্তমান আছে।

ক্লোরিণের প্রস্তুতি :

সাধারণতঃ নিম্নলিখিত প্রণালীগুলির সাহায্যে ক্লোরিণ প্রস্তুত হইয়া থাকে :

১। HCl-এর বিয়োজন, জারণ এবং তড়িৎ-বিশ্লেষণ,

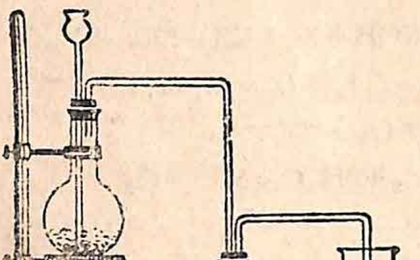
২। ধাতুর ক্লোরাইডের তাপ বা তড়িৎ-বিশ্লেষণ,

৩। হাইপোক্লোরাইট লবণের সহিত লঘু অ্যাসিডের বিক্রিয়া।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড হইতে ক্লোরিণ প্রস্তুতি ঃ

পরীক্ষাগারে ক্লোরিণ প্রস্তুতি :

(ক) একটি ফ্লাস্কে MnO_2 চূর্ণ বা পাইরোলুসাইট (pyrolusite) লইয়া উহার মুখ ছিপি বন্ধ করা হইল এবং ছিপির মধ্য দিয়া একটি দীর্ঘনাল ফানেল ও একটি নির্গম-নল যুক্ত করা হইল। নির্গম-নলটির অপর প্রান্ত একটি জলপূর্ণ ফ্লাস্কের ছিপির মধ্যে প্রবেশ করান হইল। ঐ ছিপির মধ্য দিয়া অপর একটি নির্গম-নল যুক্ত করিয়া নির্গম নলটির অপর প্রান্তটি একটি খালি গ্যাসজারের মধ্যে স্থাপন করা হইল। এখন MnO_2-রাখা প্রথম ফ্লাস্কটির মধ্যে ফানেল দিয়া গাঢ়-HCl যোগ করা হইল ও ফ্লাস্কটিকে একটি তারজালির উপর স্থাপন করিয়া বুনসেন দীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করা হইল। (চিত্র ৩০)



চিত্র, ৩০—পরীক্ষাগারে ক্লোরিণ প্রস্তুতি

MnO_2 ও গাঢ় HCl-এর বিক্রিয়ার ফলে Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$MnO_2+4HCl=MnCl_4+2H_2O\ ;$$
$$MnCl_4=MnCl_2+Cl_2$$
$$\overline{MnO_2+4HCl=MnCl_2+2H_2O+Cl_2}$$
$$MnO_2+4Cl^-+4H^+\rightarrow Mn^{2+}+2Cl^-+Cl_2+2H_2O$$

উৎপন্ন Cl_2 কিছু HCl-এর সহিত মিশ্রিত হইয়া নির্গম-নলপথে বাহিরে আসে ও জলপূর্ণ ফ্লাস্কের মধ্য দিয়া গমনকালে—HCl শোষিত হয় এবং Cl_2 নির্গম-নলপথে বাহিরে আসিয়া খালি গ্যাসজারটিতে বায়ুর ঊর্ধাপসারণ করিয়া সংগৃহীত হইতে থাকে।

উপরোক্ত প্রণালীতে HCl এর সহিত MnO_2-এর পরিবর্তে অপর জারক পদার্থও যথা, HNO_3, $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, Pb_3O_4, PbO_2 $KClO_3$ প্রভৃতি ব্যবহার করিয়া Cl_2 উৎপাদন করা চলে।

$$K_2Cr_2O_7+14HCl=2KCl+2CrCl_3+7H_2O+3Cl_2$$
$$[Cr_2O_7{}^{2-}+14H^++6Cl^-=2Cr^{3+}+7H_2O+3Cl_2]$$
$$PbO_2+4HCl=PbCl_2+2H_2O+Cl_2$$

$[PbO_2+4H^++2Cl^-=Pb^{2+}+2H_2O+Cl_2]$

$HNO_3+3HCl=NOCl+2H_2O+Cl_2$

$[NO_3+4H^++2Cl^-=NO^++2H_2O+Cl_2]$

(খ) HCl-এর গাঢ় জলীয় দ্রবণকে উপযুক্ত আধারে তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে হাইড্রোজেন ও অ্যানোডে ক্লোরিণ উৎপন্ন হয়—$HCl\rightleftharpoons H^++Cl^-$

ক্যাথোডে আনোডে

$2H^++2e=H+H\rightarrow H_2$; $2Cl^--2e=Cl+Cl\rightarrow Cl_2$

(গ) একটি নির্গম-নল ও একটি বিন্দুপাতন ফানেল যুক্ত কোণাকৃতি ফ্লাস্কে কিছু পটাসিয়ম পারম্যাংগানেট কেলাস রাখিয়া বিন্দুপাতন ফানেল হইতে বিন্দু বিন্দু গাঢ় HCl যোগ করিলে **সাধারণ উষ্ণতায়** Cl_2 গ্যাস উদ্ভূত হয়।

$$2KMnO_4+16HCl=2KCl+2MnCl_2+8H_2O+5Cl_2$$

$$[2MnO_4^-+16H^++10Cl^-=2Mn^{2+}+8H_2O+5Cl_2]$$

ক্লোরাইড হইতে ক্লোরিণ প্রস্তুতি :

পরীক্ষাগারে HCl অ্যাসিডের পরিবর্তে MnO_2-এর সহিত NaCl বা KCl ও গাঢ় H_2SO_4 মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলেও Cl_2 গ্যাস উদ্ভূত হয়।

$$2NaCl+3H_2SO_4+MnO_2=2NaHSO_4+MnSO_4+2H_2O+Cl_2$$

$$[2Cl^-+MnO_2+4H^+=Mn^{2+}+2H_2O+Cl_2]$$

(ঘ) Cu, Pt, Au প্রভৃতি ধাতব ক্লোরাইড উত্তাপে বিয়োজিত হইয়া ক্লোরিণ উৎপন্ন করে—$2CuCl_2=Cu_2Cl_2+Cl_2$; $PtCl_4=Pt+2Cl_2$

বিগলিত ধাতব ক্লোরাইডের জলীয় গাঢ় দ্রবণকে তড়িদ্‌-বিশ্লেষণ করিলে ক্যাথোডে ধাতু ও অ্যানোডে ক্লোরিণ উদ্ভূত হয়।

হাইপোক্লোরাইট হইতে ক্লোরিণ প্রস্তুতি :

ব্লিচিং পাউডারকে লঘু HCl বা H_2SO_4 দ্বারা বিক্রিয়া করিলে Cl_2 গ্যাস উদ্ভূত হয়—$Ca(OCl)Cl+2HCl=CaCl_2+H_2O+Cl_2$

ক্লোরিণের শিল্প-প্রস্তুতি :

ক্লোরিণের শিল্প-প্রস্তুতির জন্য তিনটি প্রণালী ব্যবহৃত হয়—

১। ওয়েলডন প্রণালী (Weldon's Process) ২। ডিকন প্রণালী (Deacon's Process) ৩। তড়িদ্‌-বিশ্লেষ-প্রণালী (Electrolytic Process)

ওয়েলডন প্রণালী :

ওয়েলডন প্রণালীতে প্রথমতঃ MnO_2 ও HCl-এর মিশ্র একটি প্রস্তর নির্মিত আধারে স্টীমের সাহায্যে উত্তপ্ত করিয়া Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন করা হয়—

$$MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + 2H_2O + Cl_2$$

উৎপন্ন $MnCl_2$-এর দ্রবণকে কলিচূনের সহিত মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করিলে প্রথমে $Mn(OH)_2$ ও পরে $CaMnO_3$ উৎপন্ন হয়।

$$MnCl_2 + Ca(OH)_2 = Mn(OH)_2 + CaCl_2$$

$$2Mn(OH)_2 + 2Ca(OH)_2 + O_2 = 2CaMnO_3 + 4H_2O$$

উৎপন্ন $CaMnO_3$, কর্দমাকারে পাওয়া যায় বলিয়া ইহাকে ওয়েলডন্ কর্দম (Weldon's Mud) বলা হয়; এই ওয়েলডন্ কর্দমের উপর পুনরায় HCl যোগ করিলে Cl_2 গ্যাস উদ্ভুত হয়—

$$CaMnO_3 + 6HCl = CaCl_2 + MnCl_2 + 3H_2O + Cl_2$$

এইরূপে উৎপন্ন $MnCl_2$-কে বারংবার কার্যোপযোগী করিয়া HCl হইতে ক্লোরিণ উৎপন্ন করা যায়।

ডিকন প্রণালী :

এই প্রণালীতে HCl গ্যাস ও বায়ুর মিশ্রকে 400°—450° সেন্টিগ্রেডে উত্তপ্ত কিউপ্রিক ক্লোরাইড প্রভাবকের উপর চালিত করিয়া Cl_2 গ্যাস উৎপাদন করা হয়। মূল বিক্রিয়াটি নিম্নরূপ—

$$4HCl + O_2 \xrightarrow{\text{উত্তপ্ত প্রভাবক}} 2H_2O + Cl_2$$

কিন্তু সমগ্র বিক্রিয়াটি কয়েকটি স্তরে ঘটে। যথা—

$$4CuCl_2 = 2Cu_2Cl_2 + 2Cl_2$$

$$2Cu_2Cl_2 + O_2 = 2Cu_2OCl_2$$

$$2Cu_2OCl_2 + 4HCl = 4CuCl_2 + 2H_2O$$

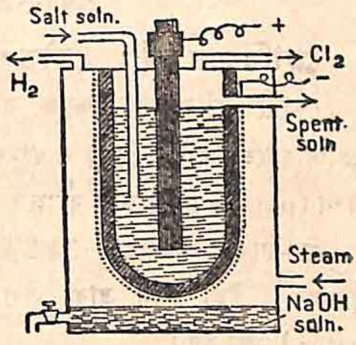
$$4HCl + O_2 + [4CuCl_2] = 2H_2O + 2Cl_2 + [4CuCl_2]$$

তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রণালী :

তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রণালীগুলিই ক্লোরিণের শিল্প-প্রস্তুতির আধুনিক, সুলভ ও সহজসাধ্য প্রণালী। ওয়েলডন্ প্রণালী ও ডিকন প্রণালীতে ক্লোরিণের শিল্পোৎপাদন এখন কার্যতঃ প্রায় অপ্রচলিত (obsolete) আছে।

তড়িৎ-বিশ্লেষণ প্রণালীতে ক্লোরিণের শিল্পোৎপাদন বিভিন্ন বিশ্লেষাধারে করা হইয়া থাকে। সকলগুলিতেই তড়িৎ-বিশ্লেষের ফলে শেষ উৎপন্ন পদার্থ Cl_2

হইলেও পরিচালনা পদ্ধতি ও বিক্রিয়ক ভেদে এই বিভিন্ন বিশ্লেষাধারগুলি বিভিন্ন নামে প্রচলিত; **যথা, কাষ্টনার-কেলনার সেল** (Castner-Kellner cell); **নেলসন সেল** (Nelson cell); **জিব্‌স সেল** (Gibbs cell); **ভোর্স সেল** (Vorce cell) ইত্যাদি।



চিত্র ৩১—নেলসন সেল

নেলসন সেল ইস্পাত নির্মিত একটি চতুষ্কোণ ট্যাঙ্ক ও উহার মধ্যে অন্তর্প্রবিষ্ট একটি ইস্পাত নির্মিত সচ্ছিদ্র ইউ-আকারের পাত্র থাকে; অর্থাৎ সেলটির ইউ-অংশ ও উহার বহিরাংশ, দুইটি পৃথক অংশ থাকে। ইউ-অংশটিতে লবণ দ্রবণ যোগ করার প্রবেশ-নল ও পার্শ্বে ব্যয়িত লবণ বাহির হইবার একটি নির্গম-নল থাকে। ইউ অংশটির উপরিভাগেও উদ্ভূত ক্লোরিণের বহির্গমনের জন্য একটি নির্গম-নল থাকে।

ইউ অংশের বহিরাংশে, উপরিভাগে হাইড্রোজেন নির্গমনের জন্য নির্গম-নল এবং নিম্নাংশের একপার্শ্বে একটি ষ্টীম চালনা করিবার জন্য প্রবেশ-নল ও অপর পার্শ্বে উৎপন্ন NaOH দ্রবণের নির্গমনের জন্য একটি নির্গম-নল থাকে। (চিত্র, ৩১)

পরীক্ষার প্রারম্ভে ইউ-অংশটির সচ্ছিদ্র ভিতরদিক অ্যাসবেস্টস্ (asbestos) দিয়া ঢাকিয়া দেওয়া হয় ও উহার মধ্যে প্রবেশ-নল দিয়া লবণ জল যোগ করা হয়। ইউ অংশটির মধ্যভাগে গ্রাফাইট-নির্মিত একটি দণ্ড প্রবেশ করাইয়া দণ্ডটি ব্যাটারীর অ্যানোড প্রান্তে যোগ করা হয় এবং ইউ অংশের বহির্গাত্র ক্যাথোডের সহিত যুক্ত করিয়া তড়িৎ চালনা করা হয়। তড়িৎ চালনার সঙ্গে সঙ্গে ট্যাঙ্কের ষ্টীম-প্রবেশ-নল দিয়া ষ্টীমও চালনা করা হয়।

NaCl দ্রবণ অ্যাসবেসটসের মধ্য দিয়া ক্ষরিত হইয়া ইউ অংশের সচ্ছিদ্র গাত্রে পৌছিবার সঙ্গে সঙ্গেই NaCl তড়িৎ বিশ্লিষ্ট হইয়া ক্যাথোডে Na ও অ্যানোডে ক্লোরিণ উৎপন্ন করে। অ্যানোডে উৎপন্ন ক্লোরিণ ইউ অংশের নির্গম-নল পথে বহির্গত হয় ও উহাকে সংগ্রহ করা হয়। ক্যাথোডগাত্রে উৎপন্ন Na ধাতু ষ্টীমের সহিত বিক্রিয়ায় NaOH দ্রবণ ও H_2 গ্যাস উৎপন্ন করে; NaOH দ্রবণ নীচে জমে ও উৎপন্ন H_2 নির্গম-নল পথে বাহির হয়।

NaCl দ্রবণ গাঢ় না হইলে অ্যানোডে O_2 উৎপন্ন হয়।

$$2NaCl+2H_2O=Cl_2+2NaOH+H_2$$
$$[NaCl \rightleftharpoons Na^++Cl^-]$$

ক্যাথোডে (বিজারণ) অ্যানোডে (জারণ)

$$Na^++e=Na \qquad 2Cl^--2e=Cl+Cl\rightarrow Cl_2$$
$$2Na+2H_2O=2NaOH+H_2$$

ক্লোরিণের ধর্ম : ভৌত ধর্ম :

ক্লোরিণ তীব্র কটু গন্ধযুক্ত সবুজাভ পীতবর্ণের গ্যাস। ক্লোরিণ শ্বাসবায়ুর সহিত গৃহীত হইলে শৈষ্মিক ঝিল্লী ও শ্বাসযন্ত্র আক্রান্ত হয়। প্রথম মহাযুদ্ধের কালে ইহা বিষ-বাস্প (poison ga:) রূপে ব্যবহৃত হইয়াছিল।

ক্লোরিণের স্ফুটনাঙ্ক, $-34.5°C$ গলনাঙ্ক, $-101°C$। সহজেই ইহা তরলীভূত হয়। ইহা জলে দ্রাব্য এবং ইহার জলীয় দ্রবণকে 'ক্লোরিণ জল' (Chlorine water) বলা হয়।

ক্লোরিণের আইসোটোপগুলির মধ্যে দুইটি প্রধান ; উহাদের ভর সংখ্যা 35 ও 37 এবং পাঃ ভার যথাক্রমে 34.979 ও 36 98। এই দুইটি আইসোটোপের অনুপাতের (3 : 1) ; ক্লোরিণের পাঃ ভার 35.457 নির্ণীত হইয়াছে।

রাসায়নিক ধর্ম :

(i) বরফ-শীতল জলের মধ্যে ক্লোরিণ গ্যাস পরিচালনা করিলে সোদক ক্লোরিণের কেলাস [ক্লোরিণ হাইড্রেট, $Cl_2 10H_2O$] পাওয়া যায়।

(ii) ক্লোরিণ অতি সক্রিয় মৌল ; H, O, N, S, P, As প্রভৃতি বহু অধাতু ও ধাতুর সহিত ইহা সহজেই বিক্রিয়া করে। বহু জৈব পদার্থও ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়া করে। ইহা একটি উত্তম জারক ও বিরঞ্জক পদার্থ। ইহা অম্লধর্মী। অনাদ্র ক্লোরিণ অপেক্ষা আদ্র-ক্লোরিণ অধিক সক্রিয়।

ক্লোরিণের সহিত জলের বিক্রিয়া ঃ

ক্লোরিণ জলে দ্রবীভূত হইয়া হইড্রোক্লোরিক ও হাইপোক্লোরাস অ্যাসিড নামে দুই অ্যাসিড উৎপন্ন করে—[ক্লোরিণের জলীয় দ্রবণকে ক্লোরিণ-জল বলে]

$$H_2O+Cl_2=HCl+HOCl$$

সূর্যালোকে এই দ্রবণের HOCl বিশ্লিষ্ট হইয়া অক্সিজেন উৎপন্ন করিতে থাকে—
$2HOCl=2HCl+O_2$

ক্লোরিণের সহিত হাইড্রোজেনের বিক্রিয়া :

ক্লোরিণের হাইড্রোজেন আসক্তি খুবই প্রবল ; হাইড্রোজেনের একটি জলন্ত শিখা ক্লোরিণ গ্যাসে ধরিলে উহা সবুজ শিখাসহ জলিয়া HCl উৎপন্ন করে। H_2 ও Cl_2

এর (সামান্য আর্দ্র) মিশ্রণ বিক্ষিপ্ত সূর্যালোকে রাখিলে ধীরে ধীরে HCl প্রস্তুত হয়; কিন্তু মিশ্রণটি প্রত্যক্ষ সূর্যালোকে রাখিলে বা মিশ্রণে অগ্নি সংযোগ করিলে বিস্ফোরণসহ বিক্রিয়াটি ঘটিয়া HCl উৎপন্ন হয়। অন্ধকারে H_2 ও Cl_2-র কোন বিক্রিয়া ঘটে না।

ক্লোরিণের সহিত অধাতুর বিক্রিয়া:

C ব্যতীত বহু অধাতু Cl_2-এর সহিত বিক্রিয়ায় জ্বলিয়া উঠে ও ক্লোরাইড উৎপন্ন করে (সাধারণতঃ অধাতুটির বর্ধিত যোজ্যতার ক্লোরাইডই উৎপন্ন হইয়া থাকে)—

$2As+3Cl_2=2AsCl_3$; $4P+6Cl_2=4PCl_3$; $4P+10Cl_2=4Cl_5$

ক্লোরিণের সহিত ধাতুর বিক্রিয়া:

প্রায় সকল ধাতুই ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ায় সোজাসুজি যুক্ত হইয়া ধাতব ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। ধাতুটি সূক্ষ্ম চূর্ণাবস্থায় থাকিলে প্রায়শঃই বিক্রিয়াকালে ধাতুটি জ্বলিয়া উঠে। এক্ষেত্রেও ধাতুটির বর্ধিত যোজ্যতার ক্লোরাইডই বিক্রিয়া-শেষে উৎপন্ন হয়—

$2Na+Cl_2=2NaCl$; $Cu+Cl_2=CuCl_2$; $2Sb+5Cl_2=2SbCl_5$;
$2Au+3Cl_2=2AuCl_3$; $Sn+2Cl_2=SnCl_4$; $2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$

বিভিন্ন যৌগিকের সহিত ক্লোরিণের বিক্রিয়া:

ক্লোরিণ একটি উত্তম জারক পদার্থ ও হাইড্রোজেনের উপর উহার তীব্র আসক্তি আছে। ক্লোরিণ অ্যামোনিয়াকে জারিত করিয়া নাইট্রোজেন, H_2S-কে জারিত করিয়া S ইত্যাদি উৎপন্ন করে—

$H_2S+Cl_2=2HCl+S$; $H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2-}$

[$Cl_2+2e \rightarrow 2Cl^-$ (বিজারণ) ; $S^{2-} \rightarrow S+2e$ (জারণ)]

$2NH_3+3Cl_2=N_2+6HCl$;

ক্লোরিণের জারণ ধর্মী বিক্রিয়া:

ক্লোরিণ জারক পদার্থরূপে বিভিন্ন যৌগিকের সহিত বিক্রিয়া করে এবং ধাতব লবণের সহিত বিক্রিয়ায় ধাতুটি জারিত হইয়া উচ্চতর যোজ্যতায় উন্নীত হয়। এইরূপে Cl_2-এর সহিত বিক্রিয়ায় ফেরাস ক্লোরাইড—ফেরিক ক্লোরাইডে, স্ট্যানস ক্লোরাইড—স্ট্যানিক ক্লোরাইডে, মার্কিউরাস ক্লোরাইড—মার্কিউরিক ক্লোরাইডে পরিণত হয়—

$2FeCl_2+Cl_2=2FeCl_3$; $SnCl_2+Cl_2=SnCl_4$;
$Hg_2Cl_2+Cl_2=2HgCl_2$;
$H_2SO_3+Cl_2+H_2O=H_2SO_4+2HCl$

জৈব যৌগিকের সহিত ক্লোরিণের বিক্রিয়া :

(ক) ক্লোরিণ কয়েকটি ক্ষেত্রে, (সম্পৃক্ত যৌগ) প্রতিস্থাপন বিক্রিয়া করে। যথা, মিথেন—মিথাইল ক্লোরাইড, ডাইক্লোরো মিথেন, ক্লোরোফর্ম ও সর্বশেষে কার্বন টেট্রাক্লোরাইড উৎপন্ন করে—

$CH_4+Cl_2=CH_3Cl$ (মিথাইল ক্লোরাইড) $+HCl$

$CH_3Cl+Cl_2=CH_2Cl_2$ (ডাইক্লোরো মিথেন) $+HCl$

$CH_2Cl_2+Cl_2=CHCl_3$ (ক্লোরোফর্ম) $+HCl$

$CHCl_3+Cl_2=CCl_4$ (কার্বন টেট্রাক্লোরাইড) $+HCl$

(খ) কোনো কোনো ক্ষেত্রে, (অসম্পৃক্ত যৌগ) জৈব যৌগিক ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ায় যুত যৌগিক উৎপন্ন করে, যথা, ইথিলীন—ইথিলিন ডাইক্লোরাইড $C_2H_4Cl_2$ উৎপন্ন করে। $C_2H_4+Cl_2=C_2H_4Cl_2$

(গ) কোনো কোনো ক্ষেত্রে জৈব-যৌগিকটি ক্লোরিণের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বনে বিশ্লিষ্ট হয় এবং জ্বলিয়া উঠে ; যথা, টার্পেন্টাইন ক্লোরিণ জারে প্রবেশ করাইলে জ্বলিয়া উঠে ও ঘন-কালো কার্বন উৎপন্ন করে—

$$C_{10}H_{16}+8Cl_2=10C+16HCl$$

(ঘ) কোনো কোনো জৈব যৌগিক আর্দ্র ক্লোরিণ দ্বারা জারিত হইয়া থাকে। রঙীন জৈব-যৌগিকগুলি এইরূপে জারিত হইয়া বর্ণহীন হইয়া থাকে এবং এই ধর্মের জন্য বস্ত্রাদির বিরঞ্জনে ক্লোরিণ বিরঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। HOCl অ্যাসিডের তীব্র জারকধর্মের জন্য বিরঞ্জন ঘটে।

$$HOCl+H^++2e\rightarrow H_2O+Cl^-$$

উদ্বৃত্ত Cl_2 অপসারণের জন্য ক্লোরিণ বিধ্বংসীরূপে (antichlor) সোডিয়াম থায়োসালফেট, $Na_2S_2O_3$ ব্যবহার করা হয়। $Na_2S_2O_3$, Cl_2 কে বিজারিত করে।

$$Na_2S_2O_3+Cl_2+H_2O=Na_2SO_4+S+2HCl$$

$$[\ S_2O_3{}^{2-}+Cl_2+H_2O=SO_4{}^{2-}+S+2Cl^-+2H^+\ ]$$

(ঙ) Cl_2 প্রত্যক্ষভাবে কতিপয় আধাতব অক্সাইড—CO, NO, SO_2 প্রভৃতির সহিত সংযুক্ত হইয়া যুতযৌগ গঠন করে :

$CO+Cl_2=2COCl_2$ (কার্বনিল ক্লোরাইড বা ফসজিন)

$2NO+Cl_2=2NOCl$ (নাইট্রোসিল ক্লোরাইড)

$SO_2+Cl_2=SO_2Cl_2$ (সালফিউরিল ক্লোরাইড)

ক্লোরিণের সহিত ক্ষারের বিক্রিয়া :

ক্লোরিণ অম্লধর্মী গ্যাস এবং ক্ষার দ্রবণে ইহাকে চালনা করিলে লবণ উৎপন্ন করে।

(ক) শীতল ও লঘু ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় ক্লোরিণ, ক্লোরাইড ও হাইপোক্লোরাইট লবণ উৎপন্ন করে—

$$2NaOH+Cl_2=NaCl+NaOCl+H_2O\ ;$$

$$2KOH+Cl_2=KCl+KOCl+H_2O$$

$$2Ca(OH)_2+2Cl_2=CaCl_2+Ca(OCl)_2+2H_2O$$

$$[Cl_2+2OH^- \longrightarrow OCl^- +Cl^- +H_2O]$$

$$[3Cl_2+6OH^- \longrightarrow ClO_3{}^- +5Cl^- +3H_2O]$$

(খ) গাঢ় ও উত্তপ্ত ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় ক্লোরিণ, ক্লোরেট ও ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন করে—

$$6NaOH+3Cl_2=5NaCl+NaClO_3+3H_2O$$

$$6Ca(OH)_2+6Cl_2=5CaCl_2+Ca(ClO_3)_2+6H_2O$$

(গ) অ্যামোনিয়া দ্রবণের সহিত ক্লোরিণের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়াম ক্লোরাইড ও নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়। অতিরিক্ত মাত্রায় ক্লোরিণ বর্তমান থাকিলে বিস্ফোরক নাইট্রোজেন ট্রাইক্লোরাইড, NCl_3, উৎপন্ন হয়।

$$2NH_3+3Cl_2=N_2+6HCl$$

$$\underline{6HCl+6NH_3=6NH_4Cl}$$

$$8NH_3+3Cl_2=N_2+6NH_4Cl$$

$$N_2+3Cl_2=2NCl_3$$

(ঘ) 40°C উষ্ণতায় কলিচুনের সতি ক্লোরিণের বিক্রিয়ায় ব্লিচিং পাউডার Ca(OCl)Cl উৎপন্ন হয়—

$$Ca(OH)_2+Cl_2=Ca(OCl)Cl+H_2O$$

ক্লোরিণের সহিত অন্য হ্যালাইডের বিক্রিয়া :

ফ্লোরিণ ব্যতীত অন্য হ্যালোজেনের লবণের সহিত ক্লোরিণের বিক্রিয়ায় হ্যালোজেনটি ক্লোরিণ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হয় ; এইরূপে ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিন, আয়োডাইড হইতে আয়োডিন উৎপন্ন হয়—

$$Cl_2+2KBr=2KCl+Br_2\ ;\ Cl_2+2KI=2KCl+I_2$$

ক্লোরিণের নিরীক্ষা :

১. ক্লোরিণের পীতবর্ণ, কটুগন্ধ ও বিরঞ্জন ধর্ম হইতে উহাকে সহজে চেনা যায়।

২. ক্লোরিণ আয়োডাইডযুক্ত স্টার্চ কাগজকে নীলবর্ণ করে।

ক্লোরিণের ব্যবহার :

1. ক্লোরিণ বিরঞ্জক পদার্থরূপে কাষ্ঠজাত ও কার্পাসজাত পদার্থের বিরঞ্জনে ব্যবহৃত হয়।
2. ক্লোরিণ জারক পদার্থরূপে ব্যবহৃত হয়।
3. ক্লোরিণ ধাতু ও অধাতু মৌলের ক্লোরাইড উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।
4. জৈব ক্লোরিণ যৌগিকগুলি (যথা, ক্লোরোফর্ম ইত্যাদি), হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, ব্রোমিন, ব্লিচিং পাউডার, হাইপোক্লোরাইট ও ক্লোরেট প্রভৃতির শিল্পোৎপাদনে এবং পেট্রোলিয়ম পরিশোধনে ক্লোরিণ বহুল ব্যবহৃত হয়।
5. ক্লোরিণ উত্তম জীবাণুনাশকরূপে পানীয় জলের বিশোধনে ব্যবহৃত হয়।
6. ফসজিন ($COCl_2$,) মাস্টার্ড গ্যাস [ডাই-ক্লোরো-ডাইইথাইল সালফাইড $(CH_2ClCH_2)_2S$, টিয়ার গ্যাস, যথা ক্লোরোপিক্রিন CCl_3NO_2, বেঞ্জাইল ব্রোমাইড $C_6H_5CH_2Br$ প্রভৃতি বিষাক্ত গ্যাস প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

ব্রোমিন
(Bromine)

চিহ্ন—Br ; পরমাণু ভরসংখ্যা—80 ; পরমাণু সংখ্যা—35 ;

ইলেকট্রন বিন্যাস $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$

আবিষ্কার :

1826 খ্রীষ্টাব্দে **ব্যালর্ড** (Balard) ব্রোমিন আবিষ্কার করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

প্রকৃতিতে ব্রোমাইড যৌগিকরূপে সমুদ্র লবণে এবং কার্ণালাইট প্রভৃতি খনিজে সামান্য পরিমাণে বর্তমান থাকে।

ব্রোমিনের প্রস্তুতি :

১। পরীক্ষাগারে ব্রোমিন প্রস্তুতি :

একটি রিটর্টে পটাসিয়ম ব্রোমাইড, মাংগানিজ ডায়কসাইড ও গাঢ় H_2SO_4 লইয়া ও রিটর্টের প্রান্তে একটি শীতল গ্রাহক সংলগ্ন করিয়া রিটর্টটিকে উত্তপ্ত করিলে ব্রোমিন গ্যাস উদ্ভূত হয় ; ব্রোমিন গ্যাস শীতল গ্রাহকে তরলীভূত হইয়া রক্তবর্ণের তরল পদার্থরূপে সংগৃহীত হয়—

$$2KBr + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2KHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O + Br_2$$

$$[2Br^- + MnO_2 + 4H^+ = Mn^{2+} + 2H_2O + Br_2]$$

২। ব্রোমাইড হইতে ব্রোমিনের প্রস্তুতি :

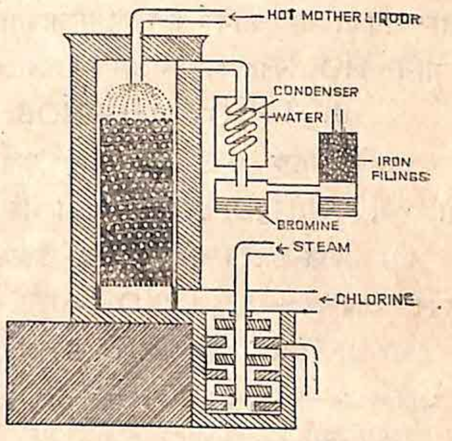
পটাসিয়াম ব্রোমাইডের দ্রবণের মধ্য দিয়া ক্লোরিণ গ্যাস চালনা করিলে ব্রোমিন উৎপন্ন হইয়া থাকে—$2KBr + Cl_2 = 2KCl + Br_2$

ব্রোমিনের শিল্প প্রস্তুতি :

প্রাকৃতিক কার্ণালাইট খনিজের মধ্যে অল্প পরিমাণে $MgBr_2$ বর্তমান থাকে। এই কার্ণালাইটকেই ব্রোমিনের শিল্পোৎপাদনের উৎসরূপে ব্যবহার করা হয়।

এই প্রণালীতে প্রথমে কার্ণালাইট দ্রবীভূত করিয়া দ্রবণটি ঘনীভূত করা হয় ও পটাসিয়ম লবণসমূহ কেলাসিত হইয়া পৃথক হয়। শেষ দ্রবণটিতে (mother liquor) $MgBr_2$ দ্রবীভূত অবস্থায় থাকে।

অতঃপর $MgBr_2$ সহ শেষ দ্রবণটিকে একটি মৃৎগোলক-পূর্ণ স্তম্ভের উপর হইতে ধারাপাত করা হয় এবং স্তম্ভটির তলদেশ হইতে ক্লোরিণ ও স্টীম একত্রে চালনা করা হয় ; স্তম্ভটির মধ্যে $MgBr_2$ ও Cl_2-এর বিক্রিয়া ঘটিয়া ব্রোমিন উৎপন্ন হয় ও উৎপন্ন ব্রোমিন স্টীমের তাপে বাষ্পীভূত হইয়া স্তম্ভটি হইতে নির্গমনল পথে গ্যাসরূপে নিগত হইতে থাকে। এই ব্রোমিন গ্যাসকে যথাযথ শীতল করিলে তরল ব্রোমিন পাওয়া যায়। (চিত্র, ৩২)



চিত্র, ৩২—ব্রোমিনের শিল্প প্রস্তুতি

ব্রোমিনের ধর্ম :

ভৌতধর্ম :

সাধারণ উষ্ণতায় ব্রোমিন তৈলের ন্যায় ঘন একটি গাঢ়-রক্তবর্ণ তরল পদার্থ। ইহা একমাত্র তরল অধাতু। ইহার একটি তীব্র কটুগন্ধ আছে ও ইহার গন্ধে শ্লৈষ্মিক-ঝিল্লী ও শ্বাসযন্ত্র সহজেই আক্রান্ত হয়। ইহা অতি বিষাক্ত পদার্থ এবং চর্মের উপর পড়িলে দুরারোগ্য ক্ষত উৎপাদন করে। ব্রোমিন জল ও কাঁচ অপেক্ষা ভারী ; ইহার আপেক্ষিক গুরুত্ব 3·18 এবং স্ফুটনাঙ্ক 59°C ; ক্লোরিণের ন্যায় ইহা জলে দ্রবীভূত হইয়া ব্রোমিন ওয়াটার উৎপন্ন করে। ব্রোমিন অ্যালকোহল, ইথার, ক্লোরোফর্ম, কার্বন-ডাইসালফাইড প্রভৃতিতে সহজদ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

ব্রোমিনের রাসায়নিক ধর্ম ক্লোরিণেরই অনুরূপ ; প্রভেদের মধ্যে ব্রোমিন—ক্লোরিণ অপেক্ষা কম সক্রিয়।

(1) ব্রোমিন হাইড্রোজেনের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া করে না ; জলন্ত হাইড্রোজেনের সহিত ব্রোমিনের বিক্রিয়ায় হাইড্রোজেন ব্রোমাইড উৎপন্ন হয় ; $H_2+Br_2=2HBr$

(2) ব্রোমিন জলের [ব্রোমিনের জলীয় দ্রবণকে ব্রোমিন জল বলে] সহিত বিক্রিয়ায় হাইড্রোব্রোমিক ও হাইপোব্রোমাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে ; হাইপোব্রোমাস অ্যাসিড HOCl-এর ন্যায় আলোক সহযোগে অক্সিজেনে বিয়োজিত হয়—

$$Br_2+H_2O=HBr+HOBr\ ;\ 2HOBr=2HBr+O_2$$

ব্রোমিনজলকে 0°C উষ্ণতায় শীতল করিলে সোদক ব্রোমিনের (ব্রোমিন হাইড্রেট, Br_28H_2O) কেলাস পাওয়া যায়।

(3) ক্ষার-দ্রবণের সহিত সাধারণ উষ্ণতায় ব্রোমিন ব্রোমাইড ও হাইপোব্রোমাইট লবণ উৎপন্ন করে—$Br_2+2KOH=KBr+KOBr+H_2O$

গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সহিত অধিক উষ্ণতায় ব্রোমিন—ব্রোমাইড ও ব্রোমেট লবণ উৎপন্ন করে—$3Br_2+6KOH=KBrO_3+5KBr+2H_2O$

(4) ক্লোরিণের ন্যায় ব্রোমিনও বহু ধাতু ও অধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ব্রোমাইড উৎপন্ন করে।

(5) ব্রোমিন মৃদু জারক পদার্থ এবং ক্লোরিণের ন্যায় ব্রোমিনও H_2S, Na_2SO_3 প্রভৃতিকে জারিত করে।

$$H_2S+Br_2=2HBr+S\ ;\ [Br_2+S^{2-}\rightarrow S^0+2Br^-]$$
$$Na_2SO_3+Br_2+H_2O=Na_2SO_4+2HBr\ ;$$
$$[SO_3{}^{2-}+H_2O+Br_2\rightarrow SO_4{}^{2-}+2H^++2Br^-]$$

(6) ব্রোমিন বহু জৈব পদার্থের সহিত ক্লোরিণের ন্যায় বিক্রিয়া করে।

(7) ব্রোমিন KI দ্রবণ হইতে আয়োডিন বিমুক্ত করে—

$$2KI+Br_2=2KBr+I_2$$

(8) ব্রোমিন একটি মৃদু বিরঞ্জক পদার্থ।

ব্রোমিনের পরীক্ষা ঃ

(1) ব্রোমিন গাঢ়-রক্তবর্ণ ও তীব্র কটুগন্ধী তরল ; উহার বাষ্প লাল বাদামী বর্ণের। (2) ব্রোমিনের সহিত স্টার্চ দ্রবণ বাদামী বর্ণ ধারণ করে।

(3) ব্রোমিন CS_2 বা ইথারে দ্রবীভূত হইয়া পীতবর্ণ দ্রবণ উৎপন্ন করে।

ব্রোমিনের ব্যবহার :

(1) ব্রোমিন ব্রোমাইড প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয়। সিলভার ব্রোমাইড ফটোগ্রাফীতে ও পটাসিয়ম ব্রোমাইড নিদ্রাকারী ঔষধে ব্যবহৃত হয়।

(2) ব্রোমিন জীবাণুনাশক পদার্থরূপে ব্যবহৃত হয়।

(3) ব্রোমিন বহু জৈব পদার্থ ও রঞ্জক উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

আয়োডিন

(Iodine)

চিহ্ন—I ; পরমাণু ভরসংখ্যা—127 ; পরমাণু সংখ্যা—53

ইলেকট্রন বিন্যাস —$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^5$

আবিষ্কার :

1812 খ্রীষ্টাব্দে কুর্তোয়া (Courtois) সামুদ্রিক উদ্ভিদ ভস্ম গাঢ় H_2SO_4 সহ বিক্রিয়া করিয়া আয়োডিন আবিষ্কার করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

আয়োডিন মৌলাবস্থায় প্রকৃতিতে পাওয়া যায় না। Na, Ca ও Mg-এর আয়োডিন যৌগিক (আইয়োডাইড) প্রকৃতিতে বিভিন্ন খনিজে বর্তমান থাকে। অবিশুদ্ধ চিলি-সোরায় বা **ক্যালিকে** (Cacliche) সোডিয়ম নাইট্রেটের সহিত সামান্য পরিমাণে (0·2%) সোডিয়ম আয়োডেট লবণও থাকে।

বিভিন্ন সামুদ্রিক উদ্ভিদ ও সামুদ্রিক প্রাণীর দেহে আয়োডিন যৌগিক দেখা যায়। কড মাছের যকৃত-তৈলে ও প্রাণীদেহের থাইরয়েড গ্ল্যাণ্ডে (Thyroid gland) আয়োডিন-যৌগিক বর্তমান আছে। পেট্রোলিয়ম খনিজাত লবণ জলে এবং সমুদ্র জলেও উল্লেখযোগ্য পরিমাণে আয়োডাইড লবণ আছে।

আয়োডিন প্রস্তুতি :

পরীক্ষাগারে আয়োডিন প্রস্তুতি :

একটি ছিপি-বন্ধ কাঁচের রিটর্টের মধ্যে কিছু পটাসিয়ম আয়োডাইড, ম্যাংগানিজ ডায়ক্সাইড ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্র লইয়া উত্তপ্ত করিলে আয়োডিন উৎপন্ন হইয়া সুন্দর বেগুনী বাষ্পের আকারে ঊর্ধ্বপাতিত হয় এবং ঊর্ধ্বপাতিত আয়োডিন শীতল গ্রাহকের মধ্যে রাখা কৃষ্ণবর্ণের উজ্জ্বল কেলাসরূপে জমে—

$$2KI + 3H_2SO_4 + MnO_2 = 2KHSO_4 + 2H_2O + I_2 + MnSO_4$$

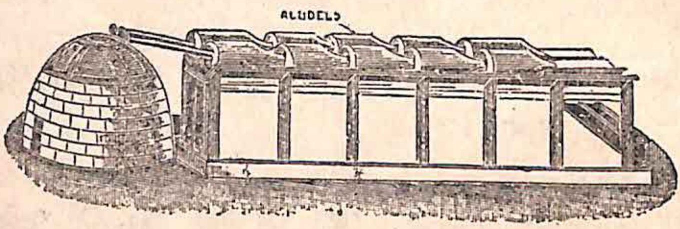
পটাসিয়ম আয়োডাইড দ্রবণে ক্লোরিণ, ব্রোমিন বা জারক পদার্থ যোগ করিলে আয়োডিন বিমুক্ত হয়—$2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$

আয়োডিনের শিল্প প্রস্তুতি :

সামুদ্রিক উদ্ভিদ্ হইতে আয়োডিন উৎপাদন :

গভীর সমুদ্রজলে জাত ল্যামিনেরিয়া (laminaria) শ্রেণীর সামুদ্রিক উদ্ভিদে উল্লেখযোগ্য পরিমাণে আয়োডিন উপাদান থাকে। এই উদ্ভিদগুলিকে সংগ্রহ করিয়া উহাদের শুষ্ক ও পরে সতর্কভাবে ভস্মীভূত করা হয় ; সামুদ্রিক উদ্ভিদ ভস্মকে **'কেল্প'** (Kelp) বলা হয়। কেল্পের মধ্যে ক্ষার-ধাতুর আয়োডাইড, ক্লোরাইড, সালফেট প্রভৃতি থাকে।

অতঃপর কেল্পকে উষ্ণজলে অনুস্রাবণ (lixiviation) করিয়া দ্রবণটিকে ঘনীভূত করিলে অপেক্ষাকৃত অল্প দ্রাব্য সালফেট, ক্লোরাইড প্রভৃতি লবণগুলি কেলাসিত হয়



চিত্র, ৩৩—আয়োডিন প্রস্তুতি

এবং অধিক দ্রাব্য আয়োডাইড (ও ব্রোমাইড) লবণ শেষ দ্রবে থাকিয়া যায়। শেষ দ্রবটিকে থিতাইয়া উপরিস্থিত স্বচ্ছ দ্রবণটিকে গ্রহণ করা হয়। এই দ্রবণে MnO_2 ও গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রিত করিয়া লোহ-রিটর্টে উত্তপ্ত করিলে আয়োডিন উৎপন্ন ও উর্ধ্বপাতিত হইয়া থাকে। আয়োডিন ক্রমসজ্জিত মৃত্তিকা-নির্মিত শীতল গ্রাহক বা অ্যালুডেলে (aludel) সংগ্রহ করা হয় (চিত্র ৩৩)।

$$2NaI + 3H_2SO_4 + MnO_2 = I_2 + 2NaHSO_4 + MnSO_4 + 2H_2O$$

$$[\ 2I^- + MnO_2 + 4H^+ \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2H_2O + I_2\ ]$$

সোরা বা ক্যালিক হইতে আয়োডিন উৎপাদন :

অবিশুদ্ধ প্রাকৃতিক সোরা বা ক্যালিকে 0·2% সোডিয়ম আয়োডেট থাকে। আয়োডিন উৎপাদনের জন্য প্রথমে ক্যালিক চূর্ণকে দ্রবীভূত করা হয় ও দ্রবণটিকে কেলাসন করা হয়। অপেক্ষাকৃত অল্প-দ্রাব্য $NaNO_3$ কঠিন কেলাসরূপে পৃথক হয় এবং শেষ দ্রবে অধিক দ্রাব্য সোডিয়ম আয়োডেট ($NaIO_3$) থাকিয়া যায়। অতঃপর শেষ দ্রবটিতে সোডিয়ম বাইসালফাইট যোগ করিলে সোডিয়ম আয়োডেট বিজারিত হইয়া কঠিন আয়োডিন উৎপন্ন করে।

$2NaIO_3 + 5NaHSO_3 = 3NaHSO_4 + Na_2SO_4 + I_2 + H_2O$

$H_2O + HSO_3^- \rightarrow SO_4^{2-} + 2e + 3H^+$ (জারণ)

(HSO_3^- আয়ন 2e বর্জন করিয়া S^{6+} এ পরিণত হয়।)

[$2IO_3^- + 10e + 12H^+ \rightarrow I_2 + 6H_2O$ (বিজারণ)]

(IO^-_3 আয়ন 5e গ্রহণ করিয়া I°তে পরিণত হয়।)

উৎপন্ন আয়োডিনকে থিতাইয়া পরে আস্রাবণ করিয়া পৃথক করা হয়।

পেট্রোলিয়ম খনিজাত লবণ-জল হইতে আয়োডিন উৎপাদন :

আমেরিকায় এই আধুনিক প্রণালীটি উদ্ভাবিত হইয়াছে। এই প্রণালীতে পেট্রোল খনিজাত লবণ-জলকে অম্লীকৃত করিয়া সোডিয়াম নাইট্রাইট যোগ করা হয়, ফলে NaI জারিত হইয়া আয়োডিন উৎপন্ন করে—

$$H_2SO_4 + NaI = HI + NaHSO_4$$
$$H_2SO_4 + NaNO_2 = NaHSO_4 + HNO_2$$
$$2HI + 2HNO_2 = 2H_2O + 2NO + I_2$$

দ্রবণে উৎপন্ন আয়োডিনকে অতঃপর অ্যাক্টিভ চারকোল (active charcoal) দ্বারা শোষণ করিয়া এই চারকোলকে অ্যানোডরূপে কোন তড়িৎ-বিশ্লেষাধারে স্থাপন করা হয় ও তড়িৎ-বিশ্লেষ করা হয়; চারকোল শোষিত আয়োডিন অ্যানোডে বিমুক্ত হয় ও তখন উহাকে সংগ্রহ করা হয়।

আয়োডিনের ধর্ম : ভৌত ধর্ম :

আয়োডিন কৃষ্ণবর্ণের উজ্জ্বল কেলাসিত কঠিন পদার্থ। ইহার গলনাঙ্ক 114·2°C; স্ফুটনাঙ্ক 184°C; ঘনত্ব 4·94. ইহা সামান্য উষ্ণতায়ই উর্ধ্বপাতিত হইয়া থাকে ও বাষ্পাবস্থায় উহার রঙ বেগুনী। ক্লোরিণের ন্যায় ইহার একটি তীব্র কটুগন্ধ আছে ও ইহা সহজেই শ্লৈষ্মিক-ঝিল্লী ও শ্বাসযন্ত্র আক্রান্ত করে।

আয়োডিন জলে অদ্রাব্য, কিন্তু KI-দ্রবণে ইহা সহজে দ্রাব্য। আয়োডিন অ্যালকোহল, ইথার, এসিটোন, বেনজিন, কার্বন ডাই-সালফাইড প্রভৃতি জৈব যৌগিকে সহজেই দ্রাব্য। আয়োডিন সাধারণতঃ I_2-অণুরূপে থাকে কিন্তু 700° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় ইহা আয়োডিন পরমাণুতে বিয়োজিত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম :

আয়োডিন হ্যালোজেন মৌলগুলির সদৃশ ধর্ম সম্পন্ন; কিন্তু অপর হ্যালোজেন মৌলগুলির তুলনায় ইহার সক্রিয়তা কম।

(1) আয়োডিন হাইড্রোজেনের সহিত অনুঘটক সান্নিধ্যে সংযুক্ত হইয়া HI উৎপন্ন করে— $H_2 + I_2 = 2HI$

(2) আয়োডিন বহু ধাতু ও অধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডাইড যৌগ উৎপন্ন করে ; P, Hg, Fe, Zn, Sb, K, F, Cl প্রভৃতির সহিত মিশাইলেই ইহা যৌগিক উৎপন্ন করে।

(3) আয়োডিন KI-এর জলীয় দ্রবণে সহজেই দ্রব হয় ; I_2, KI-র সহিত যুক্ত হইয়া যুতযৌগ, পটাসিয়াম ট্রাই আয়োডাইড (KI_3), উৎপন্ন করে ; KI_3 জলে দ্রাব্য, সেইজন্য I_2, KI দ্রবণে দ্রাব্য হইয়া থাকে।

$$KI + I_2 = KI_3$$

(4) আয়োডিন লঘু ক্ষার-দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় আয়োডাইড ও হাইপো-আয়োডাইড লবণ উৎপন্ন করে—

$$2NaOH + I_2 = NaI + NaOI + H_2O$$

উত্তপ্ত ও গাঢ় ক্ষার দ্রবণের সহিত আয়োডিন আয়োডেট ও আয়োডাইড লবণ উৎপন্ন করে—$6NaOH + 3I_2 = NaIO_3 + 5NaI + 3H_2O$

(5) আয়োডিন একটি মৃদু জারক পদার্থ এবং উহার সহিত বিক্রিয়ায় বহু পদার্থ জারিত হইয়া থাকে—

$$I_2 + H_2S = 2HI + S \;;\; [I_2 + S^{2-} \rightarrow 2I^- + S^0]$$

$$I_2 + SO_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HI \;;$$

$$Na_2SO_3 + I_2 + H_2O = Na_2SO_4 + 2HI \;;$$

$$[SO_3{}^{2-} + H_2O + I_2 = SO_4{}^{2-} + 2H^+ + 2I^-]$$

(6) আয়োডিন মাত্রিকভাবে (quantitatively) সোডিয়াম থায়োসালফেট ($Na_2S_2O_3$) দ্রবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সোডিয়াম টেট্রাথায়োনেট ($Na_2S_4O_6$) ও সোডিয়ম আয়োডাইড উৎপন্ন করে—

$$2Na_2S_2O_3 + I_2 = 2NaI + Na_2S_4O_6 \;;$$

$$[I_2 + S_2O_3{}^{2-} \rightarrow 2I^- + S_4O_6{}^{2-}$$

এই বিক্রিয়াটি নানাদিক দিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। এই বিক্রিয়ার সাহায্যেই I_2-র মাত্রা জানা যায়।

(7) আয়োডিন HNO_3 দ্বারা জারিত হইয়া আয়োডিক অ্যাসিডে এবং ক্ষারীয় H_2O_2 দ্বারা জারিত হইয়া আয়োডাইড ও অক্সিজেনে পরিণত হয়—

$$I_2 + 10HNO_3 = 2HIO_3 + 4H_2O + 5N_2O_4$$

$$I_2 + H_2O_2 + 2NaOH = 2NaI + 2H_2O + O_2$$

(8) আয়োডিন ক্লোরিণের সহিত ICl ও ICl_3 যৌগিক উৎপন্ন করে। অন্য হ্যালোজেনের সহিতও আয়োডিনের যৌগিক উৎপন্ন হয়।

(9) আয়োডিন, যৌগিক হইতে ক্লোরিণ দ্বারা প্রতিস্থাপিত হইলেও ($2KI + Cl_2 = 2KCl + I_2$) কোনো কোনো ক্লোরাইড যৌগিকের সহিত আয়োডিনের বিক্রিয়ায় ক্লোরিণ প্রতিস্থাপিত হয়—

$$5KClO_3 + 3I_2 + 3H_2O = 6HIO_3 + 5KCl$$

$$I_2 + 2HClO_3 = 2HIO_3 + Cl_2$$

(10) আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণের সহিত নীল রং উৎপন্ন করে; অতি অল্প আয়োডিনও এই বিক্রিয়া করিয়া থাকে।

আয়োডিনের নিরীক্ষা:

(1) আয়োডিন ঊর্ধ্বপাতিত হয় ও উহার বাষ্পের রং বেগুনী।

(2) আয়োডিন CS_2-দ্রবণেতে দ্রবীভূত হইয়া বেগুনী দ্রবণ উৎপন্ন করে।

(3) আয়োডিন স্টার্চ দ্রবণের সহিত নীলবর্ণ উৎপন্ন করে।

(4) আয়োডিন NaOH ও অ্যালকোহল বা অ্যাসিটোনের সহিত পীতবর্ণযুক্ত বিশিষ্ট গন্ধের আয়ডোফর্ম উৎপন্ন করে।

আয়োডিনের ব্যবহার:

(1) আয়োডিন ঔষধাদিতে ব্যবহৃত হয়; টিংচার আয়োডিন (I_2, KI অ্যালকোহলের দ্রবণ), আয়ডোফর্ম প্রভৃতি উৎকৃষ্ট জীবাণুনাশকরূপে বহুল পরিচিত।

(2) আয়োডিন, আয়োডাইড লবণ উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়।

(3) আয়োডিন ফটোগ্রাফী ও রঞ্জক-উৎপাদনে ব্যবহার হয়।

(4) আয়োডিন দ্রবণ পরীক্ষাগারে মাত্রিক বিশ্লেষণে সমধিক ব্যবহৃত হয়।

ঔষধাদিতে আয়োডিনের প্রয়োগ:

(1) আয়োডিন উৎকৃষ্ট জীবাণুনাশকরূপে টিংচার আয়োডিনে ব্যবহৃত হয়।

(2) অস্থি ও পেশীর প্রদাহে আয়োডিন ঔষধরূপে প্রয়োগ হয়।

(3) 'থাইরয়েড গ্ল্যাণ্ড' জাত নানাবিধ রোগে আয়োডিন উৎকৃষ্ট ঔষধ।

(4) আয়োডিন গলনলী ও মাড়ির উপর প্রদাহে প্রলেপ (paint)-রূপে প্রযুক্ত হয়।

(5) দেহাভ্যন্তরের একস্-রে চিত্রগ্রহণে আয়োডিন রঞ্জকরূপে ব্যবহৃত হয়।

(6) বহু আয়োডিন যৌগিক, যথা—এন্টেরো ভায়াফর্ম (entero vioform)-উৎকৃষ্ট ঔষধ।

অনুশীলনী

১। কার্বনের রূপভেদগুলির নাম লিখ। একটি কেলাসাকার কার্বন ও একটি অনিয়তাকার কার্বনের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে আলোচনা কর।

২। গ্রাফাইট কি? উহা কিরূপে প্রস্তুত হয়? উহার ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে আলোচনা কর।

৩। হীরক কোথায় এবং কি অবস্থায় পাওয়া যায়? কৃত্রিম উপায়ে কিভাবে হীরক প্রস্তুত করা হয়? হীরকের ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে আলোচনা কর।

৪। নিম্নলিখিতগুলি সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত টীকা লিখ:

(১) গ্যাস কার্বন, (২) প্রডিউসার গ্যাস, (৩) ওয়াটার গ্যাস, (৪) গ্যাস মুখোস, (৫) কয়লা।

৫। ফসফরাসের প্রধান উৎসগুলি কি কি? ফসফরাসের শিল্প প্রস্তুতি কিরূপে হয়?

৬। ফসফরাসের রূপভেদগুলির নাম লিখ ও তাহার সম্বন্ধে বিশদ আলোচনা কর। শ্বেত-ফসফরাস হইতে লোহিত-ফসফরাস ও লোহিত-ফসফরাস হইতে শ্বেত-ফসফরাস কিরূপে প্রস্তুত হয়?

৭। শ্বেত ও লোহিত ফসফরাসের ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে আলোচনা কর।

৮। শ্বেত ও লোহিত ফসফরাসের ধর্মের তুলনা কর।

৯। শ্বেত-ফসফরাসের সহিত নিম্নলিখিতগুলির বিক্রিয়া সমীকরণ সহ লিখ: O_2, Cl_2, Cu ধাতু, NaOH

১০। প্রকৃতিতে সালফার কিরূপে পাওয়া যায়? উহাদের রূপভেদগুলির নাম লিখ ও তাহাদের ধর্ম ও ব্যবহার সম্বন্ধে আলোচনা কর।

১১। সালফারের শিল্প প্রস্তুতি কিরূপে হয়?

১২। সালফার সমন্বিত উপজাত পদার্থসমূহ হইতে কিরূপে সালফার উদ্ধার করা হয় তাহার সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত বিবরণ দাও। সালফারের উপর তাপের ক্রিয়া সম্বন্ধে বিশদ আলোচনা কর।

১৩। শর্ত ও সমীকরণ সহ নিম্নলিখিত বিক্রিয়াগুলি লিখ:

সালফারের সহিত O_2, H_2, Fe, Na, HNO_3, H_2SO_4, NaOH

১৪। হ্যালোজেন মৌল সমূহ কাহাদের বলে? ক্লোরিণ, ব্রোমিন ও আয়োডিনের ধর্মসমূহের তুলনামূলক বিবরণ দাও।

১৫। ক্লোরিণের শিল্প প্রস্তুতি বর্ণনা কর ক্লোরিণের ব্যবহার লিখ।

নিম্নলিখিত পদার্থগুলির সহিত ক্লোরিণের বিক্রিয়া কি অবস্থায় ঘটে? উৎপন্ন পদার্থগুলির নাম লিখ। প্রয়োজন অনুযায়ী সমীকরণ লিখ:

H_2O, As, P, Na, Sn, H_2S, NH_3, NaOH, $Ca(OH)_2$ KI, CH_4

১৬। ব্রোমিনের প্রাকৃতিক উৎসগুলি কি কি? ব্রোমিনের শিল্প প্রস্তুতি বর্ণনা কর? ব্রোমিনের ধর্ম ও ব্যবহার লিখ।

১৭। সামুদ্রিক উদ্ভিদ হইতে বিশুদ্ধ আয়োডিন প্রস্তুতির প্রণালী বর্ণনা কর। আয়োডিনের প্রধান প্রধান ধর্মগুলি ও উহার ব্যবহার আলোচনা কর।

চতুর্থ পরিচ্ছেদ

অক্সাইড সমূহ (Oxides)

প্রথম অধ্যায়

কার্বন মনোকসাইড

(Carbon monoxide)

সংকেত = CO ; আণবিক ভার—28 ; ঘনত্ব—14

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

কার্বন মনোকসাইড প্রকৃতিতে অতি অল্পমাত্রায় বর্তমান থাকে। প্রধানতঃ, তামাকের ধুমে, কোল-গ্যাসে, ওয়াটার-গ্যাসে, চুল্লী-নির্গত গ্যাসে, মোটর প্রভৃতি পেট্রল-চালিত যান হইতে উৎপন্ন গ্যাস ইত্যাদিতে—কার্বন মনোকসাইড বর্তমান থাকে।

কার্বন মনোকসাইড প্রস্তুতি ঃ

পরীক্ষাগারে কার্বন মনোকসাইড প্রস্তুতি :

(a) পরীক্ষাগারে কার্বন মনোকসাইড, সাধারণতঃ **ফর্মিক এসিড** (Formic acid—H.COOH), বা **সোডিয়াম ফর্মেটকে** (Sodium Formate—H.COONa) গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা উত্তপ্ত করিয়া প্রস্তুত করা হইয়া থাকে। উদ্ভূত CO জলের নিম্নাপসারণ পদ্ধতিতে সংগৃহীত হয়।

$$H.COOH+[H_2SO_4]=CO+[H_2O+H_2SO_4]$$

$$H.COONa+H_2SO_4=NaHSO_4+H_2O+CO$$

এই প্রণালীতে CO প্রস্তুত করিলে অল্প পরিমাণে SO_2ও উৎপন্ন হইয়া CO-এর সহিত মিশ্রিত থাকে। SO_2 হইতে মুক্ত করার জন্য উৎপন্ন CO-কে প্রথমতঃ KOH পূর্ণ একটি উলফ বোতলের মধ্য দিয়া চালিত করিলে SO_2 শোষিত হয় এবং পরে বিশুদ্ধ CO পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

(b) অক্সালিক অ্যাসিডেকে গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা উত্তপ্ত করিলে CO ও CO_2 এর মিশ্র উৎপন্ন হয় ; এই মিশ্র KOH দ্রবণের মধ্য দিয়া চালিত করিলে CO_2 শোষিত হয় ও CO বাহির হইয়া আসে। নির্গত CO, একটি জলপূর্ণ গ্যাস জারে জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

$$H_2C_2O_4+[H_2SO_4]=CO+CO_2+[H_2O+H_2SO_4]$$

কার্বন ডায়কসাইড গ্যাস রক্ততপ্ত কার্বনের উপর চালিত করিলে উহা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোকসাইড উৎপন্ন করে—

$$CO_2+C=2CO$$

জলন্ত চুল্লীতে যে নীলাভ জলন্ত শিখা দেখা যায়, উহা চুল্লীতে উৎপন্ন কার্বন মনোকসাইডের শিখা। চুল্লীর নিম্ন প্রান্তে বায়ু প্রবেশ করিয়া জলন্ত কয়লার সহিত প্রথমতঃ CO_2 উৎপন্ন করে; উৎপন্ন CO_2উপরিস্থ জলন্ত কয়লার স্তরের মধ্য দিয়া গমন কালে কার্বন মনোকসাইডে পরিণত হয় ও উহাই নীলাভ শিখা উৎপন্ন করিয়া জলিতে থাকে।

কার্বনের ন্যায় উত্তপ্ত আয়রন, জিংক প্রভৃতি ধাতুও কার্বন ডায়কসাইডের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বন মনোকসাইড উৎপন্ন করে—

শ্বেততপ্ত কার্বনের উপর ষ্টিমের বিক্রিয়ায় ওয়াটার গ্যাসরূপে H_2-র সহিত সংমিশ্রণে CO উৎপন্ন হয়: $C+H_2O=CO+H_2$

কার্বন মনোকসাইডের ধর্ম: ভৌত ধর্ম:—

কার্বন মনোকসাইড বর্ণহীন, স্বাদহীন ও অতিমৃদুগন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহা বর্ণহীন স্বচ্ছ, তরলে পরিণত হয় (হিমাঙ্ক, -207°; স্ফুটনাঙ্ক -192°) ইহা জলে অল্প দ্রাব্য ও বায়ুর ঘনত্বের সহিত প্রায় সমান। CO একটি অতি বিষাক্ত গ্যাস।

রাসায়নিক ধর্ম:

(ক) কার্বন মনোকসাইড দাহ্য, কিন্তু দহনের সহায়ক নহে। কার্বন মনোকসাইড বায়ুতে নীলাভ শিখা উৎপন্ন করে—$2CO+O_2=2CO_2$

(খ) কার্বন মনোকসাইড একটি অসংপৃক্ত যৌগিক এবং ক্লোরিণ, সালফার প্রভৃতির সহিত সহজেই সংযুক্ত হয়—

$$CO+Cl_2\xrightarrow{\text{আলোক সান্নিধ্যে}}COCl_2\ ;\quad CO+S\rightarrow COS$$

(গ) কার্বন মনোকসাইড একটি বিজারক পদার্থ এবং রক্ততপ্ত ধাতব অক্সাইড CO-এর সহিত বিক্রিয়ায় ধাতুতে পরিণত হয়—

$$CuO+CO=Cu+CO_2\ ;\ Fe_2O_3+3CO=2Fe+3CO_2\ ;$$
$$I_2O_5+5CO=I_2+5CO_2$$

550°C উষ্ণতায় Fe_2O_3 ও Cr_2O_3 মিশ্র অনুঘটকের সান্নিধ্যে CO ষ্টীমকে বিজারিত করিয়া হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে। $H_2O+CO=CO_2+H_2$

(ঘ) HCl বা অ্যামোনিয়া যুক্ত কিউপ্রাস কোরাইডে CO সহইজেই দ্রবীভূত হইয়া একটি অস্থায়ী যুত-যৌগিক উৎপন্ন করে।

$$Cu_2Cl_2+2CO+4H_2O=2[CuClCO,\ 2H_2O]$$

(ঙ) বিভিন্ন অনুঘটকের উপস্থিতিতে বিভিন্ন তাপমাত্রায় CO হাইড্রোজেন দ্বারা বিজারিত হইয়া বিভিন্ন যৌগিক উৎপন্ন করে

$CO + 2H_2 = CH_3OH$ [350°C, অনুঘটক $ZnO + Cr_2O_3$]
মিথাইল অ্যালকোহল

$2\,CO + 2H_2 = CH_4 + CO_2$ (280°C অনুঘটক Ni বা Pt)

ঐ অস্থায়ী যৌগিকের দ্রবণটি উত্তপ্ত করিলে উহা হইতে বিশুদ্ধ CO পুনরায় উৎপন্ন হয়।

(চ) কার্বন মনোকসাইড একটি প্রশম অক্সাইড বলিয়া উহার সহিত ক্ষার বা অম্লের কোনো বিক্রিয়া নাই ; কিন্তু কঠিন NaOH-এর উপর CO চালনা করিলে অথবা 160°C তাপমাত্রায় গাঢ় NaOH-দ্রবণের মধ্য দিয়া চাপ-সহযোগে CO চালনা করিলে সোডিয়ম ফর্মেট উৎপন্ন হয়—$NaOH + CO = HCOONa$

(ছ) কার্বন মনোকসাইড উত্তপ্ত সূক্ষ্ম ধাতু চূর্ণের উপর চালনা করিলে উহা ধাতুগুলির সহিত **কার্বনীল** (Carbonyl) শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে—

$$Ni + 4CO \rightarrow Ni(CO)_4\ ;\ Fe + 5CO \rightarrow Fe(CO)_5$$

কার্বন মনোকসাইডের নিরীক্ষা :

(১) কার্বন মনোকসাইড একটি নীলাভ শিখা উৎপন্ন করিয়া জলে এবং দহনের ফলে কার্বন ডায়কসাইড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন কার্বন ডায়কসাইড চুনের জলকে ঘোলা করে।

(২) কার্বন মনোকসাইড প্যালাডিয়ম ক্লোরাইড দ্রবণ প্রলিপ্ত কাগজকে গোলাপী সবুজ বা কালো করে।

(৩) কার্বন মনোকসাইড অ্যামোনিয়া বা $AgNO_3$ দ্রবণকে বাদামী করে।

(৪) কার্বন মনোকসাইড অ্যামোনিয়া বা HCl যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়।

কার্বন মনোকসাইডের ব্যবহার :

(১) কার্বন মনোকসাইড সোডিয়ম ফর্মেটের শিল্পোৎপাদনে, মিথাইল অ্যালকোহলের শিল্পোৎপাদনে এবং মিশ্রাবস্থায় ওয়াটার গ্যাস ও প্রোডিউসার গ্যাস অবস্থায় জ্বালানীরূপে ব্যবহৃত হয়।

(২) কার্বন মনোকসাইড বিজারক পদার্থরূপে বিভিন্ন ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

(৩) কার্বন মনোকসাইড কার্বনীল যৌগ উৎপাদনে বহুল ব্যবহৃত হয়।

কার্বন ডায়ক্সাইড
(Carbon dioxide)

সংকেত—CO_2 ; আণবিক ভার—44 ; ঘনত্ব—22

পূর্বকথা : 1730 খ্রীষ্টাব্দে ভ্যান হেলমণ্ট প্রথম কার্বন ডায়কসাইড প্রস্তুত করেন। জোসেফ ব্ল্যাক (1755) ইহাকে আবদ্ধ বায়ু (fixed air) এবং ল্যাভোয়াসিয়ে ইহাকে অ্যাসিড কার্বনিক' (carbonique) নামকরণ করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

কার্বন ডায়কসাইড প্রকৃতিতে বহুল পরিমাণে বর্তমান আছে। বায়ুতে অল্প পরিমাণ CO_2 থাকে। জ্বালানীর দহনে ও শ্বাস-প্রশ্বাস ক্রিয়ায় CO_2 নিয়তই উৎপন্ন হইয়া থাকে। খনিজ জলে দ্রবীভূত CO_2 থাকে। কোনো কোনো অঞ্চলে 'প্রাকৃতিক গ্যাস রূপে CO_2 উদ্ভূত হইয়া থাকে।

চুণের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় CO_2 ক্যালসাইট, চক, মার্বেল পাথর, চুনাপাথর প্রভৃতি খনিজ উৎপন্ন করে। অনুরূপভাবে ম্যাগনেসিয়ার সহিত যৌগাবস্থায় ম্যাগনেসাইট খনিজ উৎপন্ন হয়।

কার্বন ডায়কসাইডের প্রস্তুতি : পরীক্ষাগারে কার্বন ডায়কসাইড প্রস্তুতি :

পরীক্ষাগারে মার্বেল পাথরের সহিত লঘু HCl-র বিক্রিয়া করিয়া CO_2 প্রস্তুত করা হয়। HCl এর পরিবর্তে H_2SO_4 ব্যবহার করিলেও CO_2 প্রস্তুত হয়। তবে ইহার সঙ্গে $CaSO_4$-ও প্রস্তুত হয়। $CaSO_4$ লঘু অ্যাসিডে অদ্রাব্য ; কাজেই মার্বেল পাথরের উপর $CaSO_4$ সঞ্চিত হইয়া একটি আস্তরণ সৃষ্টি করে ; ফলে অ্যাসিড ও মার্বেলের সংযোগ বিচ্ছিন্ন হয় এবং গ্যাস উৎপাদন বন্ধ হইয়া যায়।

একটি দুইমুখযুক্ত উল্‌ফ বোতলে কিছু মার্বেল-পাথরের টুকরা লইয়া উহার মুখ দুইটি ছিপি দ্বারা বন্ধ করা হইল। ছিপির মধ্য দিয়া একটি মুখে একটি দীর্ঘগ্রীবা ফানেল (Thistle funnel) ও অপর মুখে একটি নির্গমনল যুক্ত করা হইল। নির্গম নলের অপর মুখটি একটি শুষ্ক খালি গ্যাসজারে প্রবেশ করানো থাকে।

এখন ফানেলের মধ্য দিয়া উলফ্ বোতলে লঘু HCl দ্রবণ যোগ করিলে বোতলের মধ্যে বুদ্‌বুদাকারে CO_2 উৎপন্ন হইতে থাকে এবং নির্গম নলপথে বাহির হইয়া আসে। CO_2-গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া ইহাকে গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ প্রণালীতে সংগ্রহ করা হয় :

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2 ;$$
$$[CO_3^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2O + CO_2]$$

উৎপন্ন গ্যাসের সহিত অল্প পরিমাণে HCl গ্যাসও মিশ্রিত থাকে। উৎপন্ন গ্যাসকে একটি সোডিয়াম বাই-কার্বনেট দ্রবণের মধ্য দিয়া চালিত করিলে HCl-গ্যাস $NaHCO_3$ দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয় ; পরে ঐ গ্যাসকে গাঢ় H_2SO_4 এর মধ্য দিয়া চালিত করিলে উহা অনার্দ্র হইয়া থাকে। অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ CO_2 গ্যাস পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

পরীক্ষাগারে অধিক পরিমাণে ও মধ্যে মধ্যে CO_2-এর প্রয়োজন হইলে কিপস্ যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। কিপস যন্ত্রের মধ্যম গোলকে কিছু মার্বেল পাথরের টুকরা রাখা হয় ও উপরিস্থ ফানেল হইতে লঘু-HCl দ্রবণ যোগ করা হয়। উৎপন্ন CO_2 মধ্যম গোলকের সহিত যুক্ত পার্শ্বনল দিয়া বহির্গত হইতে থাকে এবং প্রয়োজনমত উহাকে ব্যবহার করা চলে।

কার্বন ডায়কসাইড প্রস্তুতির অন্যান্য প্রণালী :

(ক) কার্বন বা কার্বনের যৌগিককে যথেষ্ট বায়ুতে দহন করিলে CO_2 উৎপন্ন হয়—

$$C+O_2=CO_2$$

(খ) কার্বনেট ও বাইকার্বনেট লবণকে উত্তপ্ত করিলে CO_2 উৎপন্ন হয়—

$$CaCO_3=CaO+CO_2\ ;\ 2NaHCO_3=Na_2CO_3+CO_2+H_2O.$$

সোডিয়ম ও পটাশিয়ম ব্যতীত সকল কার্বনেটই উপরোক্ত প্রক্রিয়ার বিশ্লিষ্ট হইয়া CO_2 উৎপন্ন করে।

(গ) কার্বনেট ও বাইকার্বনেট লবণের উপর অম্লের বিক্রিয়ায় CO_2 উৎপন্ন হয়।

$$CaCO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+CO_2$$

$$NaHCO_3+HNO_3=NaNO_3+H_2O+CO_2$$

কার্বন ডায়কসাইডের শিল্প প্রস্তুতি :

প্রচুর পরিমাণে CO_2 উৎপাদনের জন্য সাধারণতঃ

(ক) চুল্লীতে চুনাপাথর তীব্র উত্তপ্ত করিয়া CO_2 প্রস্তুত করা হয় ;

(খ) ইস্ট (yeast) সহযোগে ফার্মেণ্টেশন প্রণালীতে (fermentation process) শর্করা হইতে প্রচুর CO_2 সহোৎপন্নরূপে পাওয়া যায়।

(গ) চুল্লী নির্গত গ্যাস হইতে CO_2 প্রচুর পাওয়া যায়।

কার্বন ডায়কসাইডের ধর্ম : ভৌত ধর্ম :

কার্বন ডায়কসাইড, বর্ণহীন, গন্ধহীন ও অল্প-অম্লস্বাদযুক্ত গ্যাস। CO_2 বিষাক্ত নহে, কিন্তু CO_2-গ্যাস বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া CO_2-গ্যাস ভেদ করিয়া শ্বাসকার্যের প্রয়োজনীয় অক্সিজেন পৌঁছাইতে পারে না, ফলে অক্সিজেনের অভাবে CO_2-পূর্ণ ঘরে জীবের মৃত্যু ঘটে। CO_2-গ্যাস, জলে সমপরিমাণে দ্রবণীয় ; প্রমাণ

চাপ ও তাপমাত্রায় 1 সি সি. জলে 1·7 সি. সি. গ্যাস দ্রবীভূত হয় ; উচ্চচাপে জলে ইহার দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়। পানীয় সোডা-লিমনেড প্রভৃতিতে উচ্চ চাপে CO_2 দ্রবীভূত করিয়া রাখা হয়।

0°C উষ্ণতা ও 40 বায়ু চাপে CO_2 তরলীভূত হইয়া থাকে। তরল CO_2-কে বাষ্পীভূত করিলে সামান্য অংশ বাষ্পীভূত হয় ও অবশিষ্টাংশ কঠিন CO_2 রূপে পরিণত হয়। কঠিন CO_2 দেখিতে বরফের ন্যায় ও ইহার প্রচলিত নাম 'ড্রাই-আইস' (dry ice 'শুষ্ক বরফ') বা 'ড্রাইকোল্ড' (drikold) বলা হয়। হিমায়ন-কার্যে (refrigeration) কঠিন-CO_2 প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয় ; ইহা ব্যবহার করার একটি বিশেষ সুবিধা এই যে, ইহা কঠিন অবস্থা হইতে সোজাসুজি গ্যাসে পরিণত হয়। কঠিন-CO_2 ইথারে দ্রবণীয় ; ইথার ও CO_2-এর মিশ্র হিমমিশ্র রূপে (উষ্ণতা −100°C) ব্যবহৃত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম :

(1) CO_2 দাহ্য বা দহনের সহায়ক নহে। একটি CO_2 পূর্ণ গ্যাসজারে জলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে কাঠিটি নিভিয়া যায় ; গ্যাসটিও জলেনা।

জলন্ত Mg, Na, K প্রভৃতি ধাতু কিন্তু CO_2-পূর্ণ গ্যাসজারে জলিতে থাকে ; একটি জলন্ত Mg-তার CO_2 পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে Mg তার জলিতে থাকে ; গ্যাসজারটি সাদাধূমে পূর্ণ হইয়া যায় এবং গ্যাসজারটির গাত্রে কালোরঙের কার্বন জমে—$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$

$$4K + 3CO_2 = 2K_2CO_3 + C$$

(2) CO_2 জলে দ্রবণীয়, এবং জলীয় দ্রবণে কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। ঐ দ্রবণ নীল লিটমাস্‌কে গোলাপী করে। $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$

(3) CO_2 অম্লধর্মী গ্যাস এবং উহা কঠিন ক্ষার বা ক্ষারক, অথবা ক্ষার বা ক্ষারকের দ্রবণে শোষিত হইয়া কার্বনেট অথবা বাইকার্বনেট লবণ উৎপন্ন করে—

$$CaO + CO_2 = CaCO_3 \;;\; Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

$$Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3 \;;\; NaOH + CO_2 = NaHCO_3$$

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

এই বিক্রিয়াগুলিতে বিক্রিয়করূপে CO_2-এর মাত্রা অধিক থাকিলে বাইকার্বনেট (অম্ল লবণ) এবং ক্ষারের মাত্রা অধিক থাকিলে কার্বনেট লবণ (শমিত-লবণ) উৎপন্ন হয়।

(4) CO_2 চুনের জলের সহিত বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য $CaCO_3$ উৎপন্ন করে বলিয়া চুনের জল ঘোলা হইয়া যায়। $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$

দ্রবণটি ঘোলা হইবার পর অদ্রাব্য $CaCO_3$ অতিরিক্ত CO_2 এর সহিত বিক্রিয়ায় দ্রাব্য ক্যালসিয়ম বাইকার্বনেট $Ca(HCO_3)_2$ উৎপন্ন করে; ফলে দ্রবণটি স্বচ্ছ ও বর্ণহীন হইয়া যায়—$CaCO_3+H_2O+CO_2=Ca(HCO_3)_2$

এই স্বচ্ছ দ্রবণটি উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়ম বাইকার্বনেট পুনরায় ক্যালসিয়ম কার্বনেট উৎপন্ন করে; সেজন্য দ্রবণটি আবার ঘোলা হইয়া যায়—

$$Ca(HCO_3)_2=CaCO_3+H_2O+CO_2$$

(5) উত্তপ্ত কার্বন, জিংক, লৌহ প্রভৃতির উপর CO_2 চালনা করিলে ইহা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়—

$$CO_2+C=2CO; \quad CO_2+Zn=ZnO+CO$$

(6) তড়িৎ-স্ফুলিংগের সাহায্যে তীব্র উত্তপ্ত করিলে CO_2-এর বিয়োজন ঘটে এবং CO ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়—$2CO_2\rightleftharpoons 2CO+O_2$

(7) গাছপালার সবুজ অংশে ক্লোরোফিল (Chlorophyll) নামে একটি জটিল জৈব যৌগিক থাকে; এই ক্লোরোফিল অনুঘটক রূপে সূর্যালোকের সান্নিধ্যে CO_2 ও জলের বিক্রিয়ায় শর্করা জাতীয় পদার্থ উৎপন্ন হয় ও অক্সিজেন বিমুক্ত হয়।

$$6xCO_2+5xH_2O=(C_6H_{10}O_5)x+6xO_2$$

সূর্যালোকের উপস্থিতিতে শর্করা গঠন হওয়ার প্রক্রিয়াকে বলে **সালোক সংশ্লেষ** (Photosynthesis)। উৎপন্ন শর্করা উদ্ভিদদেহের খাদ্যরূপে গৃহীত হয় এবং অক্সিজেন বায়ুমণ্ডলে মিশ্রিত হইয়া থাকে।

কার্বন ডায়কসাইডের নিরীক্ষা:

(1) কার্বন ডায়কৃসাইড জলন্ত কঠিকে নির্বাপিত করে।

(2) কার্বন ডায়কৃসাইড চুনের জল ঘোলা করে।

(3) কার্বন ডায়কৃসাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী।

কার্বন ডায়কৃসাইডের ব্যবহার:

(1) পানীয় সোডাওয়াটায়, লিমনেড প্রভৃতিতে CO_2 উচ্চচাপে দ্রবীভূত করিয়া ব্যবহার করা হয়। এইরূপ পানীয়কে সাধারণতঃ মিনারেল ওয়াটার (mineral water) বা খনিজ জল বলা হয়। এইরূপ খনিজ জল হজমের বিশেষ সহায়ক ও অম্ল-নিবারক।

(2) CO_2 অগ্নিনির্বাপকরূপে ব্যবহৃত হয়। স্কুল, প্রেক্ষাগৃহে, অফিস, গ্রন্থাগার প্রভৃতিতে যে অগ্নিনির্বাপক রাখা হয়, উহার মধ্যে দুইটি প্রকোষ্ঠে পৃথক ভাবে বাইকার্বনেট ও লঘু HCl বা H_2SO_4 দ্রবণ থাকে; ব্যবহারকালে প্রকোষ্ঠ দুইটির বিক্রিয়ক একত্র হইয়া CO_2 উৎপন্ন করে ও উহা অগ্নিনির্বাপকরূপে ক্রিয়া করে। জল ও গ্যাসের মিশ্রণ সবেগে যন্ত্রের মুখ দিয়া নিষ্ক্রান্ত হয় এবং আগুনের উপর নিক্ষিপ্ত করা হয়। অক্সিজেনের প্রবেশ পথ রুদ্ধ হইয়া যায়; ফলে অগ্নি-নির্বাপিত হয়। [জ্বলন্ত তরল জৈব পদার্থ নিভাইতে জল কখনও ব্যবহার করা উচিত নয়; কারণ উহারা সাধারণতঃ জলে ভাসে; ফলে আগুন বিস্তার লাভ করে]। তেল বা পেট্রলের আগুন

চাপ ও তাপমাত্রায় 1 সি সি. জলে 1·7 সি. সি. গ্যাস দ্রবীভূত হয় ; উচ্চচাপে জলে ইহার দ্রাব্যতা বৃদ্ধি পায়। পানীয় সোডা-লিমনেড প্রভৃতিতে উচ্চ চাপে CO_2 দ্রবীভূত করিয়া রাখা হয়।

0°C উষ্ণতা ও 40 বায়ু চাপে CO_2 তরলীভূত হইয়া থাকে। তরল CO_2-কে বাষ্পীভূত করিলে সামান্য অংশ বাষ্পীভূত হয় ও অবশিষ্টাংশ কঠিন CO_2 রূপে পরিণত হয়। কঠিন CO_2 দেখিতে বরফের ন্যায় ও ইহার প্রচলিত নাম 'ড্রাই-আইস' (dry ice 'শুষ্ক বরফ') বা 'ড্রাইকোল্ড' (drikold) বলা হয়। হিমায়ন-কার্যে (refrigeration) কঠিন-CO_2 প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয় ; ইহা ব্যবহার করার একটি বিশেষ সুবিধা এই যে, ইহা কঠিন অবস্থা হইতে সোজাসুজি গ্যাসে পরিণত হয়। কঠিন-CO_2 ইথারে দ্রবণীয় ; ইথার ও CO_2-এর মিশ্র হিমমিশ্র রূপে (উষ্ণতা −100°C) ব্যবহৃত হয়।

রাসায়নিক ধর্ম :

(1) CO_2 দাহ্য বা দহনের সহায়ক নহে। একটি CO_2 পূর্ণ গ্যাসজারে জ্বলন্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে কাঠিটি নিভিয়া যায় ; গ্যাসটিও জ্বলেনা।

জ্বলন্ত Mg, Na, K প্রভৃতি ধাতু কিন্তু CO_2-পূর্ণ গ্যাসজারে জ্বলিতে থাকে ; একটি জ্বলন্ত Mg-তার CO_2 পূর্ণ গ্যাসজারে প্রবেশ করাইলে Mg তার জ্বলিতে থাকে ; গ্যাসজারটি সাদাধূমে পূর্ণ হইয়া যায় এবং গ্যাসজারটির গাত্রে কালোরঙের কার্বন জমে—$2Mg + CO_2 = 2MgO + C$

$$4K + 3CO_2 = 2K_2CO_3 + C$$

(2) CO_2 জলে দ্রবণীয়, এবং জলীয় দ্রবণে কার্বনিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। ঐ দ্রবণ নীল লিটমাস্‌কে গোলাপী করে। $CO_2 + H_2O = H_2CO_3$

(3) CO_2 অম্লধর্মী গ্যাস এবং উহা কঠিন ক্ষার বা ক্ষারক, অথবা ক্ষার বা ক্ষারকের দ্রবণে শোষিত হইয়া কার্বনেট অথবা বাইকার্বনেট লবণ উৎপন্ন করে—

$$CaO + CO_2 = CaCO_3 \; ; \; Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$$

$$Na_2O + CO_2 = Na_2CO_3 \; ; \; NaOH + CO_2 = NaHCO_3$$

$$2NaOH + CO_2 = Na_2CO_3 + H_2O$$

এই বিক্রিয়াগুলিতে বিক্রিয়করূপে CO_2-এর মাত্রা অধিক থাকিলে বাইকার্বনেট (অম্ল লবণ) এবং ক্ষারের মাত্রা অধিক থাকিলে কার্বনেট লবণ (শমিত-লবণ) উৎপন্ন হয়।

(4) CO_2 চুনের জলের সহিত বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য $CaCO_3$ উৎপন্ন করে বলিয়া চুনের জল ঘোলা হইয়া যায়। $Ca(OH)_2 + CO_2 = CaCO_3 + H_2O$

দ্রবণটি ঘোলা হইবার পর অদ্রাব্য $CaCO_3$ অতিরিক্ত CO_2 এর সহিত বিক্রিয়ায় দ্রাব্য ক্যালসিয়ম বাইকার্বনেট $Ca(HCO_3)_2$ উৎপন্ন করে; ফলে দ্রবণটি স্বচ্ছ ও বর্ণহীন হইয়া যায়—$CaCO_3+H_2O+CO_2=Ca(HCO_3)_2$

এই স্বচ্ছ দ্রবণটি উত্তপ্ত করিলে ক্যালসিয়ম বাইকার্বনেট পুনরায় ক্যালসিয়ম কার্বনেট উৎপন্ন করে; সেজন্য দ্রবণটি আবার ঘোলা হইয়া যায়—

$$Ca(HCO_3)_2=CaCO_3+H_2O+CO_2$$

(5) উত্তপ্ত কার্বন, জিংক, লৌহ প্রভৃতির উপর CO_2 চালনা করিলে ইহা বিজারিত হইয়া কার্বন মনোক্সাইডে পরিণত হয়—

$CO_2+C=2CO$; $CO_2+Zn=ZnO+CO$

(6) তড়িৎ-স্ফুলিংগের সাহায্যে তীব্র উত্তপ্ত করিলে CO_2-এর বিয়োজন ঘটে এবং CO ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়—$2CO_2 \rightleftharpoons 2CO+O_2$

(7) গাছপালার সবুজ অংশে ক্লোরোফিল (Chlorophyll) নামে একটি জটিল জৈব যৌগিক্ থাকে; এই ক্লোরোফিল অনুঘটক রূপে সূর্যালোকের সান্নিধ্যে CO_2 ও জলের বিক্রিয়ায় শর্করা জাতীয় পদার্থ উৎপন্ন হয় ও অক্সিজেন বিমুক্ত হয়।

$$6xCO_2+5xH_2O=(C_6H_{10}O_5)x+6xO_2$$

সূর্যালোকের উপস্থিতিতে শর্করা গঠন হওয়ার প্রক্রিয়াকে বলে সালোক সংশ্লেষ (Photosynthesis)। উৎপন্ন শর্করা উদ্ভিদদেহের খাদ্যরূপে গৃহীত হয় এবং অক্সিজেন বায়ুমণ্ডলে মিশ্রিত হইয়া থাকে।

কার্বন ডায়কসাইডের নিরীক্ষা ঃ

(1) কার্বন ডায়ক্সাইড জ্বলন্ত কঠিকে নির্বাপিত করে।

(2) কার্বন ডায়ক্সাইড চুনের জল ঘোলা করে।

(3) কার্বন ডায়ক্সাইড বায়ু অপেক্ষা ভারী।

কার্বন ডায়ক্সাইডের ব্যবহার ঃ

(1) পানীয় সোডাওয়াটায়, লিমনেড প্রভৃতিতে CO_2 উচ্চচাপে দ্রবীভূত করিয়া ব্যবহার করা হয়। এইরূপ পানীয়কে সাধারণতঃ মিনারেল ওয়াটার (mineral water) বা খনিজ জল বলা হয়। এইরূপ খনিজ জল হজমের বিশেষ সহায়ক ও অম্ল-নিবারক।

(2) CO_2 অগ্নিনির্বাপকরূপে ব্যবহৃত হয়। স্কুল, প্রেক্ষাগৃহে, অফিস, গ্রন্থাগার প্রভৃতিতে যে অগ্নিনির্বাপক রাখা হয়, উহার মধ্যে দুইটি প্রকোষ্ঠে পৃথক ভাবে বাইকার্বনেট ও লঘু HCl বা H_2SO_4 দ্রবণ থাকে; ব্যবহারকালে প্রকোষ্ঠ দুইটির বিক্রিয়ক একত্র হইয়া CO_2 উৎপন্ন করে ও উহা অগ্নিনির্বাপকরূপে ক্রিয়া করে। জল ও গ্যাসের মিশ্রণ সবেগে যন্ত্রের মুখ দিয়া নিষ্ক্রান্ত হয় এবং আগুনের উপর নিক্ষিপ্ত করা হয়। অক্সিজেনের প্রবেশ পথ রুদ্ধ হইয়া যায়; ফলে অগ্নি-নির্বাপিত হয়। [জ্বলন্ত তরল জৈব পদার্থ নিভাইতে জল কখনও ব্যবহার করা উচিত নয়; কারণ উহারা সাধারণতঃ জলে ভাসে; ফলে আগুন বিস্তার লাভ করে]। তেল বা পেট্রলের আগুন

নিভাইতে অগ্নিনির্বাপক যন্ত্রে ফিটকিরি ও সোডিয়াম বাইকার্বনেট দ্রবণ থাকে ; উহাদের বিক্রিয়ায় ফেনাযুক্ত কার্বন ডাইঅক্সাইড নির্গত হয়।

$$Al_2(SO_4)_3+6NaHCO_3=2Al(OH)_3+3Na_2SO_4+6CO_2$$

(3) সোডিয়াম কার্বনেট, স্যালিসিলিক অ্যাসিড, হোয়াইট লেড, অ্যামোনিয়ম সালফেট প্রভৃতির শিল্পোৎপাদনে CO_2 বিক্রিয়করূপে ব্যবহৃত হয়।

(4) কঠিন CO_2 হিমায়ন কার্যে প্রচুর ব্যবহৃত হয়। মাছ, মাংস, শব্জী ইত্যাদির দীর্ঘদিন সংরক্ষণ ও পচন নিবারণে 'শুকনো বরফ'—হিমায়করূপে আজকাল প্রচুর ব্যবহৃত হইতেছে।

CO ও CO_2 এর পারস্পরিক রূপান্তর (Conversion of CO to CO_2 and Vice-Versa) **:**

CO-কে অতিরিক্ত বায়ু বা O_2তে পোড়াইলে কিংবা উহা উত্তপ্ত ZnO, CuO প্রভৃতির উপর দিয়া পরিচালনা করিলে যে গ্যাস পাওয়া যায়, তাহা জ্বলে না, জ্বলিতে সাহায্যও করে না। গ্যাসটি ক্ষার দ্রবণে শোষিত হয় এবং স্বচ্ছ চুন জলকে ঘোলাটে করে অর্থাৎ গ্যাসটি CO_2।

CO_2-কে কার্বনচূর্ণ ভর্তি লাল-তপ্ত নলের ভিতর দিয়া পরিচালনা করিলে যে গ্যাস পাওয়া যায়, তাহা ঈষৎ নীলশিখাসহ জ্বলে ; ইহা HCl বা অ্যামোনিয়া যুক্ত কিউপ্রাস ক্লোরাইড দ্রবণে শোষিত হয়। সুতরাং গ্যাসটি CO

CO ও CO_2 গ্যাসমিশ্রণ হইতে উভয়ের পৃথকীকরণ :

(i) CO ও CO_2 গ্যাস মিশ্রকে HCl যুক্ত Cu_2Cl_2 দ্রবণের মধ্য দিয়া চালনা করিলে কেবলমাত্র CO শোষিত হয়, এবং CO_2 অবিকৃত থাকে। সুতরাং দ্রবণ অতিক্রম করিয়া CO_2 গ্যাস বাহির হইয়া আসে এবং তাহা বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ সাহায্যে সংগ্রহ করা হয়। CO-দ্রবীভূত Cu_2Cl_2 দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে CO নিষ্ক্রান্ত হয় এবং তাহা জলের নিম্নাপসারণ সাহায্যে সংগ্রহ করা হয়।

অথবা (ii) CO ও CO_2 গ্যাস-মিশ্রকে গাঢ় KOH এর দ্রবণের ভিতর দিয়া চালনা করিলে দ্রবণে CO_2 শোষিত (কার্বনেট লবণ গঠন করিয়া) হয় এবং CO অবিকৃত অবস্থায় বাহির হইয়া আসে। ইহাকে জলের নিম্নাপসারণ সাহায্যে সংগৃহীত করা হয়। CO_2-শোষিত ক্ষার দ্রবণে লঘু HCl মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে CO_2 নির্গত হয় এবং তাহা বায়ুর উর্ধ্বঅপসারণ সাহায্যে সংগ্রহ করা হয়।

CO ও CO_2 এ কার্বনের অস্তিত্বের প্রমাণ :

CO কে অতিরিক্ত বিশুদ্ধ O_2-তে পোড়াইলে কিংবা লালতপ্ত CuO-র উপর দিয়া পরিচালনা করিলে CO, CO_2 এ জারিত হয়।

এক্ষণে উৎপন্ন CO_2 গ্যাসে একটি জলন্ত Mg তার প্রবেশ করাইলে তারটি জ্বলিতে থাকে এবং MgO-এর সাদা ধোঁয়া উৎপন্ন হয় ও কালো কার্বনকণা পৃথক হইয়া আসে। দহন শেষে MgO ও কার্বনকণাকে লঘু HCl সহযোগে উত্তপ্ত করিলে MgO দ্রবীভূত হইবে এবং কার্বনের কালো কণা পড়িয়া থাকিবে। কালো কার্বন-কণাকে ফিল্টার করিয়া পৃথক করিয়া শুষ্ক করিয়া লওয়া হয়। পরে উহাকে বায়ুতে পোড়াইলে যে গ্যাস পাওয়া যায় তাহা স্বচ্ছ চুন জলকে ঘোলাটে করে, অর্থাৎ উৎপন্ন গ্যাস CO_2 অতএব কালোকণা নিশ্চিতভাবে কার্বন। এই পরীক্ষা CO-এ কার্বনের অস্তিত্ব প্রমাণিত করে।

$$2CO+O_2=2CO_2\ ;\quad CO_2+2Mg=2MgO+C$$

CO_2-এ কার্বনের অস্তিত্ব একই সঙ্গে প্রমাণিত হইয়াছে।

কার্বন মনোকসাইড ও কার্বন ডায়ক্সাইডের ধর্মের তুলনা ঃ

ধর্ম	CO	CO_2
১। বর্ণ, গন্ধ, অবস্থা	বর্ণহীন ; অতি মৃদু গন্ধযুক্ত গ্যাস	বর্ণহীন ; মৃদু অম্লগন্ধযুক্ত গ্যাস
২। ঘনত্ব	বায়ুর প্রায় সমান বাষ্প ঘনত্ব=14	বায়ু অপেক্ষা বহু ভারী বাষ্প ঘনত্ব=22
৩। দাহ্যতা	দাহ্য	অদাহ্য
৪। দহনের সহায়তা	দহনের সহায়ক নহে	সাধারণরূপে দহনের সহায়ক নহে, কিন্তু জ্বলন্ত Mg, Na, K প্রভৃতির দহনে সহায়তা করে ;
৫। দ্রাব্যতা	জলে অল্প দ্রাব্য ; জলীয় দ্রবণ প্রশম	জলে দ্রাব্য . জলীয় দ্রবণ মৃদু অম্লধর্মী
৬। প্রকৃতি	বিষাক্ত	বিষাক্ত নহে
৭। লিটমাসের উপর বিক্রিয়া	প্রশম অকসাইড বলিয়া বিক্রিয়া নাই	আম্লিক-অক্সাইড বলিয়া নীল লিটমাসকে লাল করে
৮। NaOH-এর সহিত বিক্রিয়া	সোডিয়ম ফর্মেট উৎপন্ন করে	সোডিয়ম কার্বনেট উৎপন্ন করে
৯। উত্তপ্ত ধাতুর সহিত বিক্রিয়া	কার্বনিল উৎপন্ন করে	অকসাইড উৎপন্ন করে
১০। বিজারণ জারণ-ধর্ম	সক্রিয় ; উচ্চতাপে বিজারক পদার্থরূপে ধাতব অক্সাইডকে ধাতুতে পরিণত করে। $ZnO+CO=Zn+CO_2$	উচ্চতাপে জারক-পদার্থরূপে ধাতুকে ধাতব অক্সাইডে পরিণত করে। $Zn+CO_2=ZnO+CO$
১১। Cl_2-এর সহিত বিক্রিয়া	সংযুক্ত হইয়া $COCl_2$ উৎপন্ন করে	বিক্রিয়া নাই
১২। শোষণ-ধর্ম	অ্যামোনিয়া বা HCl যুক্ত Cu_2Cl_2 দ্রবণ দ্বারা শোষিত হয়	NaOH, KOH বা ক্ষার প্রভৃতির দ্বারা শোষিত হয়
১৩। যুতযৌগ গঠন	অসম্পৃক্ত যৌগ বলিয়া যুতযৌগ গঠন করে	সম্পৃক্ত যৌগ বলিয়া যুতযৌগ গঠন করে না

দ্বিতীয় অধ্যায়

সিলিকা (Silica)

সংকেত ; SiO_2

সিলিকা সিলিকন ও অক্সিজেনের দ্বিমৌল যৌগ এবং ইহা সিলিকনের প্রধানতম যৌগ। ভূপৃষ্ঠের অন্যতম প্রধান উপাদান সিলিকা। সিলিকা প্রকৃতিতে দুই প্রকারের রূপভেদে অবস্থান করে ঃ স্ফটিকাকার ও অনিয়তাকার

- সিলিকা
  - স্ফটিকাকার
    - কোয়ার্জ
      - বালি
      - পদ্মরাগমণি
      - বৈদূর্যমণি।
    - ট্রাইডিমাইট
    - ক্রস্টোব্যালাইট
  - অনিয়তাকার
    - ওপাল
    - ফ্লিণ্ট
    - অ্যাগেট

স্ফটিকাকার সিলিকার মুখ্যতঃ তিনটি রূপভেদ ঃ কোয়ার্জ (quartz), ট্রাইডিমাইট (trydymite) এবং ক্রস্টোব্যালাইট (cristobalite)। সিলিকা সাধারণতঃ কোয়ার্জ রূপেই থাকে ; উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে উহা অন্যান্য রূপভেদে রূপান্তরিত হয়।

$$\text{কোয়ার্জ} \underset{}{\overset{870^\circ C}{\rightleftarrows}} \text{ট্রাইডিমাইট} \overset{1470^\circ C}{\rightleftarrows} \text{ক্রস্টোব্যালাইট}$$

ক্রস্টোব্যালাইটকে 1710°C-এ উত্তপ্ত করিলে উহা গলিয়া তরল হয়। আমাদের অতি পরিচিত সাধারণ বালুও সিলিকা ; জলবায়ুর দীর্ঘদিনের আক্রমণে এবং অনবরত ঘর্ষণের ফলে কোয়ার্জ ক্ষুদ্র কণাকারে পরিণত হইয়া সিলিকা উৎপন্ন করিয়াছে। বিশুদ্ধ সিলিকা বর্ণহীন বা সাদা হইয়া থাকে ; তবে উহার সহিত সামান্য অপদ্রব্য, বিশেষ করিয়া আয়রন অক্সাইড মিশ্রিত থাকে বলিয়া উহা বাদামী বা ধূসর দেখায়। কোয়ার্জকে সময় সময় অতি স্বচ্ছ, বর্ণহীন, সুন্দর স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়। এইরূপ স্বচ্ছ কোয়ার্জকে স্ফটিক পাথর (Rock crystal) বলে। স্ফটিক পাথর হীরকের মত শক্ত। অনেক সময় কোয়ার্জে অতি অল্প পরিমাণে বিভিন্ন ধাতব অক্সাইড দ্রব থাকে বলিয়া ইহা চমৎকার বর্ণের হইয়া থাকে। পাথর গুলিকে বহুতল করিয়া কাটিয়া পালিশ করিলে ইহারা অত্যুজ্জ্বল হইয়া থাকে এবং মূল্যবান রত্ন বা মণিরূপে সমাদৃত হয় ; যেমন বৈদূর্যমণি (cat's eye), অল্প অ্যাসবেষ্টস মিশ্রিত কোয়ার্জ বা পদ্মরাগমণি (amethyst), ম্যাঙ্গানিজ অক্সাইড ইত্যাদি।

অনিয়তাকার সিলিকার মধ্যে ফ্লিন্ট (flint), অ্যাগেট (agate), ওপাল (opal) প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য। মণি হিসাবেও ওপাল আদৃত। কোন কোন উদ্ভিদ (বাঁশের ভিতর) বা প্রাণীদেহেও (পাখীর পালকে) সিলিকা পাওয়া যায়।

প্রকৃতিজাত কোন সিলিকেটকে অতিরিক্ত সোডিয়াম কার্বনেট সহ উত্তপ্ত করিয়া গলাইলে সোডিয়াম সিলিকেট উৎপন্ন হয়। সোডিয়াম সিলিকেটকে জলসহ ফুটাইলে উহা দ্রব হইয়া যায় ; পরে উহাকে ছাঁকিয়া লওয়া হয়। এই পরিস্রৎ দ্রবণ গাঢ় HCl সহযোগে ফুটাইলে সিলিকা অধঃক্ষিপ্ত হয়। পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ সিলিকা এই ভাবেই প্রস্তুত হয়।

$$CaSiO_3 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SiO_3$$
$$Na_2SiO_2 + 2HCl = SiO_2 + H_2O + 2NaCl$$

ধর্ম : ভৌতধর্ম : সব প্রকারের সিলিকাই অতি কঠিন, শক্ত পদার্থ ; 1600°C উষ্ণতায় তাপিত করিলে ইহারা নরম থাকে এবং 1710°C উষ্ণতার তরল হইয়া যায়। তরল সিলিকা অত্যন্ত সান্দ্র এবং ঠাণ্ডা করিলে (কাচের মত) কেলাসিত হয় না। সিলিকা কঠিনীভূত হইয়া যায়।

রাসায়নিক ধর্ম : সিলিকা রাসায়নিক বিচারে সক্রিয় নয়। সিলিকা অম্লধর্মী, জলে অদ্রাব্য। সোডা বা কষ্টিক ক্ষারের সহিত উত্তাপে গলাইলে সিলিকা সিলিকেট লবণে পরিণত হয়।

$$SiO_2 + 2KOH = K_2SiO_3 + H_2O \; ; \; SiO_2 + Na_2CO_3 = Na_2SiO_3 + CO_2$$

কোন অ্যাসিডের সহিতই ইহা বিক্রিয়া করে না। কেবল HF-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ইহা সিলিকন টেট্রাক্লোরাইড প্রস্তুত করে।

$$SiO_2 + 4HF = SiF_4 + 2H_2O$$

সিলিকা ও কোকের মিশ্রণ বৈদ্যুতিক চুল্লীতে 1600°—2200°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে সিলিকন কার্বাইড বা কার্বোরাণ্ডাম (SiC) উৎপন্ন হয়। ইহা অত্যন্ত শক্ত কঠিন পদার্থ: $SiO_2 + 3C = SiC + 2CO$

লালতপ্ত সিলিকা ও কোকের মিশ্রণে ক্লোরিন গ্যাস চালনা করিলে সিলিকন টেট্রা ক্লোরাইড ($SiCl_4$) ও কার্বন মনোক্সাইড উৎপন্ন হয়। $SiCl_4$ একটি উদ্বায়ী তরল পদার্থ।

$$SiO_2 + 2C + 2Cl_2 = SiCl_4 + 2CO$$

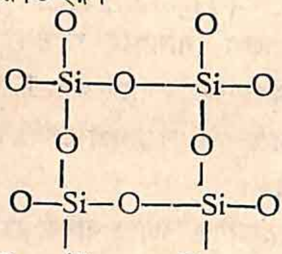
কার্বন ডায়ক্সাইড ও সিলিকন ডায়ক্সাইড বা সিলিকা :

কার্বন ও সিলিকন একই শ্রেণীভুক্ত মৌল ; উহাদের ধর্মে সাদৃশ্য থাকিলেও বৈসাদৃশ্য বিশেষ লক্ষণীয়। উভয়েই অক্সিজেনের সহযোগে অক্সাইড গঠন করে ; অক্সাইড দুইটির আণবিক সংকেত একই যথা CO_2 ও SiO_2 ; কিন্তু উহাদের ধর্মের পার্থক্য সবিশেষ উল্লেখযোগ্য।

CO_2 সাধারণ উষ্ণতায় একটি গ্যাস ; SiO_2 উচ্চ গলনাঙ্ক বিশিষ্ট একটি শক্ত কঠিন পদার্থ। উভয়েই মৃদু অম্লধর্মী অক্সাইড। SiO_2 অপেক্ষা CO_2 অধিকতর অম্লধর্মী। CO_2 জলে দ্রব হয় ; এবং জলীয় দ্রবণে ইহা মৃদু কার্বনিক অ্যাসিড গঠন করে। ইহা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় কার্বনেট ও বাইকার্বনেট লবণ উৎপন্ন করে। CO_2 র অণুগুলি একক ভাবেই বর্তমান ; ইহার আণবিক সংকেত সহজ $O=C=O$।

SiO_2 জলে অদ্রাব্য। উচ্চ-তাপমাত্রায় ইহা গলিত ক্ষার বা Na_2CO_3-এর সহিত বিক্রিয়ায় সিলিকেট লবণ গঠন করে।

সিলিকা অণু এককভাবে থাকে না ; অক্সিজেনের মাধ্যমে পরস্পর যুক্ত হইয়া বিরাটকায় অণুতে পরিণত হয়।



ব্যবহার: অগ্নিসহ ইষ্টক প্রস্তুতিতে, ধাতু নিষ্কাশন চুল্লীর ভিতরকার আবরণ দিতে সিলিকা ব্যবহৃত হয়। কাচ, সিমেণ্ট, পোর্সেলিন প্রভৃতির প্রস্তুতিতে সিলিকা অন্যতম উপাদান হিসাবে ব্যবহৃত হয়। দালান গাঁথিবার মশলার অন্যতম উপাদান সিলিকা। কোয়ার্জের ভিতর দিয়া অতি বেগুনী ও অবলোহিত রশ্মি গমন করিতে পারে বলিয়া কোয়ার্জ আলোকযন্ত্রের লেন্স প্রস্তুতিতে লাগে। মুচি ও শক্ত খল প্রস্তুত করিতে এবং তুলাদণ্ডের অ্যাগেটরূপে ইহা ব্যবহৃত হয়।

কোন কোন কোয়ার্জ রত্ন হিসাবে আদৃত হয়। ডিনামাইট জাতীয় বিস্ফোরক সংরক্ষণে কাইজেলগুড় (Kisselguhr)—(উহার অধিকাংশই সিলিকা), ডাই অ্যাটম জাতীয় ক্ষুদ্র উদ্ভিদের ভিতর পাওয়া যায়।

সিলিকাজেল: (Silica gel) SiO_2, xH_2O

গাঢ় Na_2SiO_3 দ্রবণের সহিত HCl মিশাইয়া মিশ্রণকে 100°C-এর অধিক তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিয়া আস্তে আস্তে ঠাণ্ডা করিলে একপ্রকার আঠালো জেলির মত প্রায় কঠিন একটি পদার্থ পাওয়া যায়। ইহাকে সিলিকা জেল (SiO_2, xH_2O) বলা হয়। ইহাতে প্রায় 14% সিলিকা বর্তমান।

সিলিকাজেল অত্যন্ত জলাকর্ষী ; সে কারণে ইহা গ্যাসের নিরুদনে বেশী ব্যবহৃত হয়। ইহার অধিশোষণ ক্ষমতাও বিশেষ উল্লেখযোগ্য ; কাজেই কোন কোন তৈল পরিষ্করণেও ইহার ব্যবহার আছে। অনুঘটকরূপেও ইহার ব্যবহার আছে।

তৃতীয় অধ্যায়

নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহ

(Oxides of Nitrogen)

নাইট্রোজেন বিভিন্ন অক্সাইড প্রস্তুত করে ; তন্মধ্যে নিম্নলিখিত অক্সাইডগুলি গুরুত্বপূর্ণ—

			সাধারণ তাপমাত্রা	নাইট্রোজেনের জারণ স্তর
১। নাইট্রোজেন মনোকসাইড, নাইট্রাস অক্সাইড বা লাফিং গ্যাস (Laughing gas)	...	N_2O	গ্যাস	1
২। নাইট্রিক অক্সাইড	...	NO	,,	2
৩। ডাইনাইট্রোজেন ট্রায়কসাইড, বা নাইট্রাস অ্যানহাইড্রাইড	..	N_2O_3	,,	3
৪। ডাইনাইট্রোজেন টেট্রাকসাইড	...	N_2O_4 বা NO_2	,,	4
৫। নাইট্রোজেন পেণ্টকসাইড বা নাইট্রিক অ্যানহাইড্রাইড	...	N_2O_5	সাদা কঠিন	5

নাইট্রোজেন মনোকসাইড, বা নাইট্রাস অক্সাইড

(Nitrogen monoxide or nitrous oxide)

সংকেত—N_2O ; আণবিক ভার—44 ; ঘনত্ব—22

আবিষ্কার ঃ

প্রিস্টলে নাইট্রাস অক্সাইড আবিষ্কার করেন ; ডেভি উহার ধর্মাবলী পরীক্ষা করেন।

প্রস্তুতি ঃ (ক) পরীক্ষাগারে বিশুদ্ধ ও অনার্দ্র অ্যামোনিয়ম নাইট্রেটকে উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রাস অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়।

নাইট্রাস অক্সাইড শীতল জলে দ্রবণীয় বলিয়া উত্তপ্ত জলের উপর ইহাকে সংগ্রহ করা হয়।

(খ) নাইট্রিক অ্যাসিডকে Zn বা $SnCl_2$ সহযোগে বিজারিত করিলে N_2O উৎপন্ন হয়।

$$2HNO_3+4SnCl_2+8HCl=4SnCl_4+5H_2O+N_2O$$

(গ) হাইড্রকসিলঅ্যামিন-হাইড্রোক্লোরাইড ও সোডিয়ম নাইট্রাইট দ্রবণের বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ N_2O উৎপন্ন হয়।

$$NH_2OH, HCl+NaNO_2=NaCl+N_2O+2H_2O$$

N_2O কে, গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা শুষ্ক করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

ধর্ম: ভৌতধর্ম: নাইট্রাস অক্সাইড একটি মৃদু মিষ্টগন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস। নাইট্রাস অক্সাইড আঘ্রাণ করিলে স্নায়ুতন্ত্রে একটি মৃদু উত্তেজনা উৎপাদন করিয়া আঘ্রাণকারীর হাসির উদ্রেক করে বলিয়া উহাকে লাফিং-গ্যাস (Laughing gas) বলা হয়। অধিক মাত্রায় নাইট্রাস অক্সাইড আঘ্রাণ করিলে, অচেতনতা এমন কি মৃত্যু পর্যন্ত ঘটে। নাইট্রাস অক্সাইড শীতলজল ও অ্যালকোহলে দ্রবণীয় এবং বাতাস অপেক্ষা প্রায় দেড়গুণ ভারী।

নাইট্রাস অক্সাইড একটি প্রশম (neutral) অক্সাইড। ইহা দাহ্য নহে, কিন্তু অক্সিজেনের ন্যায় ইহা উত্তপ্ত ও জলন্ত পদার্থের দহনে সহায়তা করে। জলন্ত কাঠি, জলন্ত Na, K, C, P , S প্রভৃতি নাইট্রাস অক্সাইডে অধিকতর তীব্রতার সহিত জলিতে থাকে। প্রকৃতপক্ষে, জলন্ত পদার্থের তাপে N_2O বিশ্লিষ্ট হইয়া N_2 ও O_2 উৎপন্ন করে এবং এই অক্সিজেনই দহনের সহায়তা করে। প্রতিক্ষেত্রেই C, P প্রভৃতির অক্সাইড উৎপন্ন হয়।

$$2N_2O=2N_2+O_2\,;\quad C+2N_2C=CO_2+2N_2$$

অক্সিজেনের সহিত নাইট্রাস অক্সাইডের বাহ্যিক সাদৃশ্য থাকিলেও নিম্ন প্রভেদগুলি আছে—

(ক) অক্সিজেন ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণে শোষিত হয়। N_2O হয় না।

(খ) অক্সিজেন NO গ্যাসের সংস্পর্শে বাদামী বর্ণ উৎপন্ন করে; N_2O করে না।

(গ) অক্সিজেন অ্যালকোহলে অল্পই দ্রবীভূত হয়; N_2O অধিক পরিমাণে হয়।

ব্যবহার: নাইট্রাস অক্সাইড উপযুক্ত মাত্রায় সতর্কভাবে প্রয়োগ করিয়া আঘ্রাণকারীকে সাময়িকভাবে অচেতন করা যায় বলিয়া 1800 খ্রীষ্টাব্দে ডেভি প্রথম

নাইট্রাস অক্সাইডকে **সম্মোহক** (ananesthatic) রূপে ব্যবহারের প্রস্তাব করেন। 1844 খ্রীষ্টাব্দে আমেরিকায় ডাঃ ওয়েলস, নাইট্রাস অক্সাইড সম্মোহকরূপে ব্যবহার করিয়া যন্ত্রণাহীন অস্ত্রোপচার কার্যে সাফল্যলাভ করেন। সম্মোহকরূপে নাইট্রাস অক্সাইডের ক্রিয়া নির্দোষ হইলেও উহা অপেক্ষাকৃত ব্যয়বহুল এবং উহার ক্রিয়া ক্ষণস্থায়ী বলিয়া আধুনিক কালে অন্যান্য সম্মোহকই বেশী ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রিক অক্সাইড
(Nitric Oxide)

সংকেত—NO ; আণবিক ভার—30 ; ঘনত্ব—15

আবিষ্কার ঃ মেয়ো (Meyow) ও হেলমণ্ট (Helmont) পূর্বে নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করিলেও প্রিষ্টলেকেই সাধারণতঃ নাইট্রিক অক্সাইডের আবিষ্কর্তা বলা হয়।

প্রস্তুতি ঃ (ক) পরীক্ষাগারে উল্‌ফ বোতলে কপার-কুচি (copper turnings) ও গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করা হয়—

$$3Cu + 8HNO_3 = 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$$

উৎপন্ন NO প্রথমতঃ বোতলের মধ্যস্থ বায়ুর সহিত বিক্রিয়ায় গাঢ়-বাদামী রঙের NO_2 উৎপন্ন করে ; এই NO_2 অপসৃত হইবার পর বর্ণহীন নাইট্রিক অক্সাইডকে জলপূর্ণ গ্যাসজারে সংগৃহীত করা হয়।

(খ) KNO_3, $FeSO_4$ ও লঘু H_2SO_4 একটি ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ NO উৎপন্ন হয়—

$$2KNO_3 + 6FeSO_4 + 4H_2SO_4 = 2Fe_2(SO_4)_3 + 2NO + K_2SO_4 + 4H_2O$$

NO গ্যাসকে গাঢ় H_2SO_4-এর সাহায্যে শুষ্ক করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করা হয়।

ধর্ম ঃ ভৌতধর্ম ঃ নাইট্রিক অক্সাইড বাতাস অপেক্ষা ঈষৎ ভারী, একটি বর্ণহীন গ্যাস। ইহা জলে অদ্রবণীয়।

নাইট্রিক অক্সাইড একটি প্রশম অক্সাইড। ইহা দাহ্য নয়, অপরের দহনে সহায়তাও করে না ; তবে অতিমাত্রায় উত্তপ্ত বা পূর্ণজ্বলন্ত কোনো পদার্থের ক্ষেত্রে ইহা দহনের সহায়ক। তাপের প্রভাবে NO বিয়োজিত হইয়া O_2 উৎপন্ন করে। এই O_2-ই দহনে সহায়তা করে। সেজন্য ক্ষীণভাবে জলন্ত ফসফরাস বা সালফার নাইট্রিক

অক্সাইড পূর্ণ পাত্রে নিমজ্জিত করিলে ঐগুলি নির্বাপিত হয়; কিন্তু পূর্ণ জলন্ত ফসফোরাস বা সালফার অনুরূপ পরীক্ষায় তীব্রতেজে জলিয়া উঠে—

$$P_4+10NO_2=2P_2O_5+5N_2$$

নাইট্রিক অক্সাইড বায়ুর সহিত বাদামী রঙের নাইট্রোজেন ডায়ক্সাইড গ্যাস উৎপন্ন করে— $2NO+O_2=N_2O_4$

শীতল $FeSO_4$ দ্রবণে NO সম্পূর্ণরূপে শোষিত হইয়া একটি ঘন-বাদামী রঙের দ্রবণ উৎপন্ন করে—প্রকৃতপক্ষে NO, $FeSO_4$-এর সঙ্গে মিলনে নাইট্রোসোফেরাস সালফেট [$FeSO_4NO$] নামে একটি যুত যৌগ গঠন করে। তাপ প্রয়োগে এই যুত যৌগ ভাঙ্গিয়া গিয়া NO গ্যাস নিষ্ক্রান্ত হয়—

$$FeSO_4+NO=[FeSO_4][NO] \; ; \; FeSO_4NO=FeSO_4+NO$$

নাইট্রিক অক্সাইড $KMnO_4$ বা I_2 দ্রবণে শোষিত হয় ও দ্রবণটি বর্ণহীন হইয়া যায়; NO ধীরে ধীরে HNO_3 তে জারিত হয়।

$$3I_2+2NO+4H_2O=2HNO_3+6HI \; ;$$

$$6KMnO_4+12H_2SO_4+10NO=6KHSO_4+6MnSO_4+10HNO_3+4H_2O$$

NO ও হাইড্রোজেনের মিশ্রণ উত্তপ্ত প্লাটিনম প্রভাবকের উপর চালিত করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়— $2NO+5H_2=2H_2O+2NH_3$

NO তীব্র উত্তপ্ত কপার ও লোহের উপর চালিত করিলে বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন উৎপন্ন হয়— $2Cu+2NO=2CuO+N_2$

ইহা Cl_2-এর সংযোগে [চারকোল অনুঘটকের সান্নিধ্যে] নাইট্রোসিল ক্লোরাইড উৎপন্ন করে। $2NO+Cl_2=2NOCl$

ব্যবহার ঃ প্রকোষ্ঠ প্রণালীতে (Chamber Process) সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিকালে নাইট্রিক অক্সাইড ব্যবহৃত হয়।

ডাই-নাইট্রোজেন ট্রায়কসাইড, বা নাইট্রাস অ্যানহাইড্রাইড ঃ

(Dinitrogen Trioxide)

আণবিক সংকেত—N_2O_3 ; আণবিক ভার—76 ; ঘনত্ব—38

নাইট্রোজেন ট্রায়কসাইড নাইট্রোজেনের বিশুদ্ধ অক্সাইড নহে। সম্ভবতঃ ইহা নাইট্রিক অক্সাইড ও নাইট্রোজেন ডায়কসাইডের মিশ্র।

প্রস্তুতি : NO এবং NO_2 পৃথকভাবে প্রস্তুত করিয়া উহাদের একত্রে একটি হিমমিশ্রে নিমজ্জিত ($-30^{\circ}C$) ইউ-টিউবের মধ্য দিয়া চালনা করিলে একটি গাঢ় নীলরঙের তরল পদার্থরূপে N_2O_3 পাওয়া যায় ;

$$NO+NO_2=N_2O_3$$

56%HNO_3-এর সহিত আর্সেনিয়স অক্সাইডের (As_4O_6) বিক্রিয়ায় গাঢ় নীলরঙের তরল N_2O_3 পাওয়া যায়—

$$As_4O_6+4HNO_3=2As_2O_5+2H_2O+2N_2O_3$$

ধর্ম : ভৌতধর্ম : সাধারণ উষ্ণতায় অনার্দ্র N_2O_3 একটি রক্তাভ বাদামী রঙের গ্যাস। শীতল করিলে উহা তরলীভূত হইয়া একটি নীল বর্ণের তরল পদার্থ উৎপন্ন করে। উত্তাপে ইহা বিয়োজিত হইয়া NO_2 ও NO উৎপন্ন করে। N_2O_3 জলে দ্রবণীয় এবং জলীয় দ্রবণে উহা নাইট্রাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে—

$$N_2O_3+H_2O=2HNO_2$$

ইহার জলীয় দ্রবণ জারণ ও বিজারণ গুণ সম্পন্ন। জারক হিসাবে ইহা KI দ্রবণ হইতে I_2 বিমুক্ত করে : Fe(II) লবণকে Fe(III) লবণে জারিত করে।

বিজারক হিসাবে ইহা আম্লিক $KMnO_4$, Br_2 দ্রবণকে বর্ণহীন করে। N_2O_3 অম্লধর্মী বলিয়া উহা ক্ষার দ্রবণে শোষিত হইয়া নাইট্রাইট শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে ;
$N_2O_3+2KOH=2KNO_2+H_2O$

ব্যবহার : N_2O_3-এর ব্যবহার সীমাবদ্ধ। প্রধানতঃ নাইট্রাইট লবণ উৎপাদনের জন্যই ইহা ব্যবহৃত হয়।

ডাই-নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড :

(Dinitrogen Tetroxide)

আণবিক সংকেত—NO_2 ও N_2O_4 ; আণবিক ভার—46 ও 92 ; ঘনত্ব—23 ও 46।

প্রস্তুতি : (1) পরীক্ষাগারে, নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড প্রস্তুতির জন্য সাধারণতঃ কোনো ধাতব-নাইট্রেট (Na ও K-নাইট্রেট ব্যতীত) তীব্র উত্তপ্ত করা হয় ; উত্তাপে নাইট্রেট লবণ বিয়োজিত হইয়া ধাতব অক্সাইড, নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড ও অক্সিজেন উৎপন্ন করে—$2Pb(NO_3)_2=2PbO+4NO_2+O_2$

উৎপন্ন গ্যাসমিশ্রকে একটি হিমমিশ্রে নিমজ্জিত ইউ-টিউবের মধ্য দিয়া চালনা করিলে NO_2 ঘনীভূত হইয়া হলুদ বর্ণের তরলে পরিণত হয় ও অক্সিজেন পৃথক হইয়া বাহির হইয়া আসে।

নাইট্রিক অক্সাইড প্রস্তুত করিয়া উহার সহিত অর্ধপরিমাণ আয়তনের অক্সিজেন মিশ্রিত করিলে, NO_2 উৎপন্ন হয়— $2NO+O_2=2NO_2$

ধর্ম : ভৌতধর্ম : অতি নিম্ন ($-9^\circ C$) উষ্ণতায় নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড একটি বর্ণহীন, হলুদ বর্ণের কেলাসিত কঠিন পদার্থ, উহার অণুর সংকেত N_2O_4 ; স্বল্প উষ্ণতায় নাইট্রোজেন টেট্রকসাইড একটি হলুদ বর্ণের তরল পদার্থ এবং সাধারণ উষ্ণতায় ইহা একটি রক্তাভ বাদামী রঙের গ্যাস। উষ্ণতা বৃদ্ধির সহিত ইহার বর্ণ অধিকতর লাল হইতে থাকে, বর্ণ পরিবর্তন বিয়োজনের জন্য ঘটিয়া থাকে।

N_2O_4 বর্ণহীন, NO_2 লাল বর্ণের। উষ্ণতা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে N_2O_4 বিয়োজিত হইতে থাকে এবং NO_2-এর উদ্ভব হইতে থাকে। $140^\circ C$ উষ্ণতায় N_2O_4 সম্পূর্ণ বিয়োজিত হইয়া NO_2তে পরিণত হয়। উষ্ণতা আরও বৃদ্ধি পাইলে রঙ ফিকা হইতে থাকে ; তখন NO_2, NO ও O_2তে বিয়োজিত হইয়া যায়।

$$N_2O_4 \overset{-9^\circ C}{\rightleftharpoons} N_2O_4 \overset{22^\circ C}{\rightleftharpoons} N_2O_4 \overset{140^\circ C}{\rightleftharpoons} 2NO_2 \overset{620^\circ C}{\rightleftharpoons} 2NO+O_2$$

বর্ণহীন কঠিন   হলুদ বর্ণের তরল   গ্যাস   গ্যাস   গ্যাস

NO-এর ন্যায় নাইট্রোজেনের টেট্রকসাইডও অতি তীব্র উত্তপ্ত বা পূর্ণ জলন্ত পদার্থের দহনের সহায়ক ; অন্য ক্ষেত্রে, ইহা দহনের সহায়ক নহে।

নাইট্রোজেন টেট্রক্সাইড শীতল জলের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রিক ও নাইট্রাস অ্যাসিডের মিশ্র উৎপাদন করে। উষ্ণতা অধিক হইলে HNO_2, HNO_3 ও NO-তে ভাঙ্গিয়া যায়।

$$N_2O_4+H_2O=HNO_3+HNO_2 ;$$
$$3HNO_2=HNO_3+H_2O+2NO$$

সাধারণ উষ্ণতায় জলের সহিত NO_2, নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে—$3NO_2+H_2O=2HNO_3+NO$

নাইট্রোজেন ডায়কসাইড অম্লধর্মী বলিয়া ইহা ক্ষার দ্রবণে শোষিত হইয়া নাইট্রাইট লবণ উৎপন্ন করে—$2NO_2+2NaOH=NaNO_3+NaNO_2+H_2O$

NO_2 গাঢ় H_2SO_4 এ শোষিত হইয়া নাইট্রোসোসালফিউরিক অ্যাসিড SO_2 (OH)ONO ও নাইট্রিক অ্যাসিড গঠন করে।

$2NO_2+H_2SO_4=SO_2(OH)ONO+HNO_3$

ব্যবহার : N_2O_4-এর ব্যবহার সীমাবদ্ধ। নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণের উৎপাদনে ইহা ব্যবহৃত হয়।

নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড বা নাইট্রিক অ্যানহাইড্রাইড

আণবিক সংকেত—N_2O_5 ; আণবিক ভার—108 ; ঘনত্ব—54

প্রস্তুতি : (1) নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরুদক (anhydride) ; সেইজন্য গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডকে P_2O_5 প্রভৃতি জলশোষক সহযোগে উত্তাপে HNO_3-এর নিরুদনের ফলে N_2O_5 উৎপন্ন হয়—

$$2HNO_3 \xrightarrow{-H_2O} N_2O_5$$

একটি বক যন্ত্রে গাঢ় HNO_3 ও P_2O_5-এর মিশ্রণ লইয়া বকযন্ত্রটিকে জলগাহের উপর রাখিয়া ধীরে ধীরে তাপিত করিলে N_2O_5 পাতিত হইয়া আসে ও পাতিত ঘন-কমলা রঙের তরল N_2O_5কে হিমমিশ্রে শীতল করিলে বর্ণহীন N_2O_5-এর কেলাস পাওয়া যায়।

ধর্ম : ভৌতধর্ম : নাইট্রোজেন পেণ্টকসাইড একটি শুভ্র, কেলাসিত, কঠিন পদার্থ। উত্তাপে ইহা সহজেই NO_2 ও অক্সিজেনে বিযোজিত হয়। ইহা একটি জলাকর্ষী পদার্থ ও জলের সহিত তাপ উৎপাদন করিয়া সংযুক্ত হয় ও HNO_3 উৎপন্ন হয় ; $N_2O_5 + H_2O = 2HNO_3$

ইহা অম্লধর্মী। ইহা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রেট লবণ উৎপাদন করে—

$$2NaOH + N_2O_5 = 2NaNO_3 + H_2O$$

ব্যবহার : নাইট্রেট লবণ উৎপাদনে ও জারক পদার্থরূপে ইহা ব্যবহার করা হয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড ও নাইট্রোজেনের অক্সাইডসমূহের সম্বন্ধ :

নাইট্রোজেনের প্রধান অম্ল, নাইট্রিক অ্যাসিড। নাইট্রিক অ্যাসিড, নাইট্রোজেন পেণ্টক্সাইড ও জলের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। অক্সিজেনের মাত্রাভেদে নাইট্রোজেনের যে বিভিন্ন অক্সাইড উৎপন্ন হয়, উহাদের সহিত N_2O_5-এর (তথা, নাইট্রিক অ্যাসিডের) সম্পর্ক নিম্নলিখিতরূপে দেখান যায়—$2HNO_3 = N_2O_5 + H_2O$

$$N_2O_5 \xrightarrow{-O} N_2O_4 \xrightarrow{-O} N_2O_3 \xrightarrow{-O} NO \xrightarrow{-O} N_2O$$

অর্থাৎ অক্সিজেনের মাত্রা ক্রমান্বয়ে হ্রাস পাইয়া N_2O_5 হইতে বিভিন্ন অক্সাইডগুলি উৎপন্ন হয়।

নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইডের তুলনা

N_2O	NO	N_2O_3	N_2O_4	N_2O_5
মৃদু মিষ্টগন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস ; বাতাস অপেক্ষা দেড়গুণ ভারী	বর্ণহীন গ্যাস, বাতাস অপেক্ষা ঈষৎ ভারী	লালরঙের গ্যাস, বাতাস অপেক্ষা বেশ ভারী	সাধারণ তাপমাত্রায় লালরঙের গ্যাস ; নিম্ন উষ্ণতায় হলুদাভ তরল	সাদা রঙের কঠিন পদার্থ।
ঠাণ্ডা জলে ও অ্যালকোহলে খুবই দ্রাব্য গরম ; জলে অদ্রবণীয়	জলে দ্রাব্যতা খুবই কম	জলের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রাস অ্যাসিড দেয়। জলীয় দ্রবণ-জারণ ও বিজারণ উভয় গুণসম্পন্ন। বিজারক হিসাবে আম্লিক $KMnO_4$, Br_2 দ্রবণকে বর্ণহীন করে জারক হিসাবে KI দ্রবণ হইতে I_2 বিমুক্ত করে	জলের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড দেয়। $N_2O_4+H_2O=HNO_2+HNO_3$; গরম জলে HNO_3 ও NO উৎপন্ন করে $3NO_2+H_2O=HNO_3+2NO$	জলের সহিত বিক্রিয়ায় HNO_3 দেয়।
প্রশম অক্সাইড	প্রশম অক্সাইড	অম্লধর্মী অক্সাইড	অম্লধর্মী অক্সাইড	অম্লধর্মী অক্সাইড
বাতাসের সঙ্গে মিশিয়া বাদামী বর্ণের ধোঁয়া সৃষ্টি করে না	বাতাসের সঙ্গে মিশিয়া বাদামী বর্ণের ধোঁয়া সৃষ্টি করে।		নিজেই বাদামী গ্যাস	
নিজে দাহ্য নয় ; অপরের দহনে সহায়তা করে না ; তবে জ্বলন্ত C, P, S, Na, Mg প্রভৃতি এই গ্যাসে জ্বলিতে থাকে। তাপ প্রয়োগে N_2O গ্যাস N_2 ও O_2 বিযোজিত হয়। এই O_2-ই দহনে সহায়তা করে। $2N_2O=2N_2+O_2$; (600°C) ; $C+O_2=CO_2$	নিজে দাহ্য নয় ; অপরের দহনে সহায়ক নয় ; কিন্তু জ্বলন্ত S, P, Mg প্রভৃতি স্বচ্ছন্দে এই গ্যাসে জ্বলিতে থাকে। তাপ প্রয়োগে NO গ্যাস N_2 ও O_2তে বিয়োজিত হয়। এই O_2 দহনের সহায়ক। $FeSO_4$ দ্বারা শোষিত হইয়া $FeSO_4NO$ গঠন করে।	নিজে দাহ্য বা দহন সহায়ক নয়। অধিক তাপমাত্রায় C, S, P, প্রভৃতির দহনে ইহা সহায়তা করে।	উত্তাপে N_2O_4 বিযোজিত হইয়া NO_2 উৎপন্ন করে গাঢ় H_2SO_4 ও কষ্টিক পটাশ বা সোডা দ্বারা শোষিত হয়।	উত্তাপে NO_2 ও O_2তে ভাঙ্গিয়া যায়। $2N_2O_5=4NO_2+O_2$

চতুর্থ অধ্যায়

ফসফরাসের অক্সাইডসমূহ

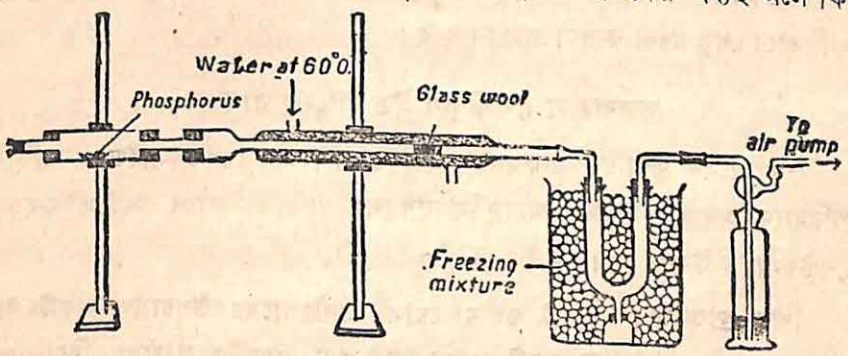
(Oxides of Phosphorus)

ফসফরাস তিনটি অক্সাইড গঠন করে ; তন্মধ্যে ফরফরাস ট্রাই অক্সাইড P_2O_3 বা P_4O_6 ও ফসফরাস পেণ্টক্সাইড P_2O_5 বা P_4O_{10} প্রধান।

অক্সাইডগুলি অম্লধর্মী জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যাসিড উৎপন্ন করে। বাতাসের সহিত ফসফরাসের স্বতঃজারণ ক্রিয়ায় এই সব অক্সাইড প্রস্তুত হয়।

ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড P_2O_3 বা P_4O_6

প্রস্তুতি ঃ একটি দুই-মুখ-খোলা কাঁচ-নল লইয়া উহার মধ্যে কিছু শ্বেত ফস্‌ফরাসের টুকরা রাখিয়া দুই মুখ ছিপি দ্বারা বন্ধ করা হয়। একমুখে একটি ক্ষুদ্র নল ও অপর মুখে একটি শীতক সংযুক্ত করা হয়। শীতকের মধ্যস্থ নলে কিছু



চিত্র, ৩৪—P_2O_3 প্রস্তুতি

কাঁচ-তন্তু বা গ্লাস-উল (glass-wool) রাখা হয় এবং শীতকের বহিরাবরণীর মধ্য দিয়া শীতল-জল প্রবাহ চালনা করা হয়। শীতকের অপর প্রান্তটি হিমমিশ্রে নিমজ্জিত একটি U-টিউবের সহিত যুক্ত এবং ইউটিউবের অপর বাহুটির সহিত একটি বায়ু-শোষক পাম্প যুক্ত রাখা হয়। (চিত্র—৩৪)।

প্রথমতঃ কাঁচনলে কিছু শ্বেত ফসফরাস রাখিয়া যন্ত্রটির শেষ প্রান্তে সংলগ্ন পূর্বোক্ত পাম্প দ্বারা বায়ু শোষণ করিলে একটি অতি মৃদু বায়ুস্রোত ধীরে ধীরে ফসফরাসের উপর দিয়া প্রবাহিত হয়। P জলিতে থাকে এবং P_2O_3 ও P_2O_5 উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন P_2O_3 ও P_2O_5 শীতকে কঠিনীভূত হইয়া জমে। পরে শীতকের বহিরাবরণীর মধ্য দিয়া শীতল জলের পরিবর্তে উষ্ণ জল-প্রবাহ (55° – 60° C) চালনা করা হয়। ইহার ফলে P_2O_3 বাষ্পীভূত হয়, কিন্তু P_2O_5 কাঁচতন্তুর

নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইডের তুলনা

N_2O	NO	N_2O_3	N_2O_4	N_2O_5
মৃদু মিষ্টগন্ধযুক্ত বর্ণহীন গ্যাস ; বাতাস অপেক্ষা দেড়গুণ ভারী	বর্ণহীন গ্যাস, বাতাস অপেক্ষা ঈষৎ ভারী	লালরঙের গ্যাস, বাতাস অপেক্ষা বেশ ভারী	সাধারণ তাপমাত্রায় লালরঙের গ্যাস ; নিম্ন উষ্ণতায় হলুদাভ তরল	সাদা রঙের কঠিন পদার্থ।
ঠাণ্ডা জলে ও অ্যালকোহলে খুবই দ্রাব্য গরম ; জলে অদ্রবণীয়	জলে দ্রাব্যতা খুবই কম	জলের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রাস অ্যাসিড দেয়। জলীয় দ্রবণ-জারণ ও বিজারণ উভয় গুণসম্পন্ন। বিজারক হিসাবে আম্লিক $KMnO_4$, Br_2 দ্রবণকে বর্ণহীন করে জারক হিসাবে KI দ্রবণ হইতে I_2 বিমুক্ত করে	জলের সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড দেয়। $N_2O_4+H_2O=HNO_2+HNO_3$; গরম জলে HNO_3 ও NO উৎপন্ন করে $3NO_2+H_2O=HNO_3+2NO$	জলের সহিত বিক্রিয়ায় HNO_3 দেয়।
প্রশম অক্সাইড	প্রশম অক্সাইড	অম্লধর্মী অক্সাইড	অম্লধর্মী অক্সাইড	অম্লধর্মী অক্সাইড
বাতাসের সঙ্গে মিশিয়া বাদামী বর্ণের ধোঁয়া সৃষ্টি করে না	বাতাসের সঙ্গে মিশিয়া বাদামী বর্ণের ধোঁয়া সৃষ্টি করে।		নিজেই বাদামী গ্যাস	
নিজে দাহ্য নয় ; অপরের দহনে সহায়তা করে না ; তবে জ্বলন্ত C, P, S, Na, Mg প্রভৃতি এই গ্যাসে জ্বলিতে থাকে। তাপ প্রয়োগে N_2O গ্যাস N_2 ও O_2 বিযোজিত হয়। এই O_2-ই দহনে সহায়তা করে। $2N_2O=2N_2+O_2$; (600°C) ; $C+O_2=CO_2$	নিজে দাহ্য নয় ; অপরের দহনে সহায়ক নয় ; কিন্তু জ্বলন্ত S, P, Mg প্রভৃতি স্বচ্ছন্দে এই গ্যাসে জ্বলিতে থাকে। তাপ প্রয়োগে NO গ্যাস N_2 ও O_2তে বিয়োজিত হয়। এই O_2 দহনের সহায়ক। $FeSO_4$ দ্বারা শোষিত হইয়া $FeSO_4NO$ গঠন করে।	নিজে দাহ্য বা দহন সহায়ক নয়। অধিক তাপমাত্রায় C, S, P, প্রভৃতির দহনে ইহা সহায়তা করে।	উত্তাপে N_2O_4 বিযোজিত হইয়া NO_2 উৎপন্ন করে গাঢ় H_2SO_4 ও কষ্টিক পটাশ বা সোডা দ্বারা শোষিত হয়।	উত্তাপে NO_2 ও O_2তে ভাঙ্গিয়া যায়। $2N_2O_5=4NO_2+O_2$

চতুর্থ অধ্যায়

ফসফরাসের অক্সাইডসমূহ

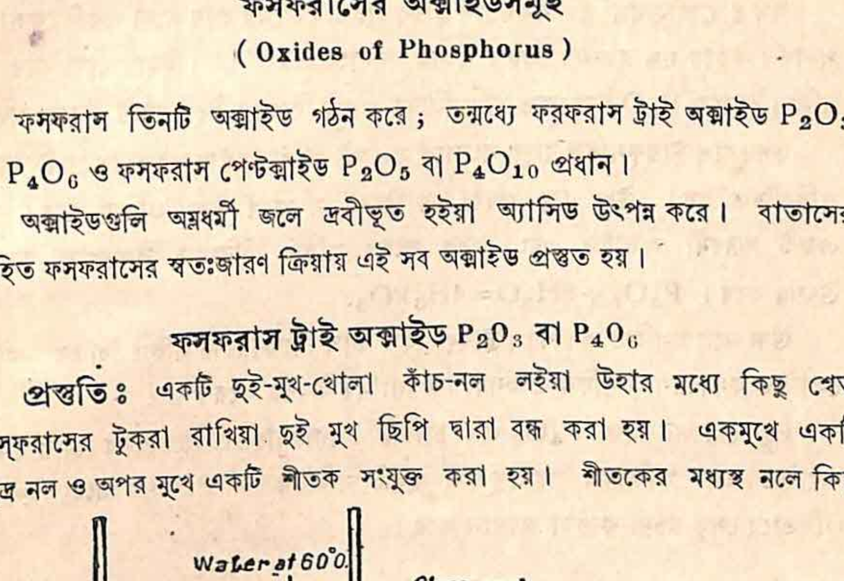
(Oxides of Phosphorus)

ফসফরাস তিনটি অক্সাইড গঠন করে ; তন্মধ্যে ফরফরাস ট্রাই অক্সাইড P_2O_3 বা P_4O_6 ও ফসফরাস পেণ্টক্সাইড P_2O_5 বা P_4O_{10} প্রধান।

অক্সাইডগুলি অম্লধর্মী জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যাসিড উৎপন্ন করে। বাতাসের সহিত ফসফরাসের স্বতঃজারণ ক্রিয়ায় এই সব অক্সাইড প্রস্তুত হয়।

ফসফরাস ট্রাই অক্সাইড P_2O_3 বা P_4O_6

প্রস্তুতি ঃ একটি দুই-মুখ-খোলা কাঁচ-নল লইয়া উহার মধ্যে কিছু শ্বেত ফস্‌ফরাসের টুকরা রাখিয়া দুই মুখ ছিপি দ্বারা বন্ধ করা হয়। একমুখে একটি ক্ষুদ্র নল ও অপর মুখে একটি শীতক সংযুক্ত করা হয়। শীতকের মধ্যস্থ নলে কিছু



চিত্র, ৩৪—P_2O_3 প্রস্তুতি

কাঁচ-তন্তু বা গ্লাস-উল (glass-wool) রাখা হয় এবং শীতকের বহিরাবরণীর মধ্য দিয়া শীতল-জল প্রবাহ চালনা করা হয়। শীতকের অপর প্রান্তটি হিমমিশ্রে নিমজ্জিত একটি U-টিউবের সহিত যুক্ত এবং ইউটিউবের অপর বাহুটির সহিত একটি বায়ু-শোষক পাম্প যুক্ত রাখা হয়। (চিত্র—৩৪)।

প্রথমতঃ কাঁচনলে কিছু শ্বেত ফসফরাস রাখিয়া যন্ত্রটির শেষ প্রান্তে সংলগ্ন পূর্বোক্ত পাম্প দ্বারা বায়ু শোষণ করিলে একটি অতি মৃদু বায়ুস্রোত ধীরে ধীরে ফসফরাসের উপর দিয়া প্রবাহিত হয়। P জলিতে থাকে এবং P_2O_3 ও P_2O_5 উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন P_2O_3 ও P_2O_5 শীতকে কঠিনীভূত হইয়া জমে। পরে শীতকের বহিরাবরণীর মধ্য দিয়া শীতল জলের পরিবর্তে উষ্ণ জল-প্রবাহ (55° – 60° C) চালনা করা হয়। ইহার ফলে P_2O_3 বাষ্পীভূত হয়, কিন্তু P_2O_5 কাঁচতন্তুর

দ্বারা রুদ্ধ হইয়া শীতক-নলেই থাকিয়া যায়। বাষ্পীভূত P_2O_3 হিমামিশ্রে শীতল ইউ-টিউবে কঠিন হইয়া জমে ও ঐ ইউ-টিউব হইতে উহাকে সংগ্রহ করা হয়।

ধর্ম ঃ ভৌতধর্ম ঃ ফসফরাস ট্রায়ক্সাইড, মোমের ন্যায় সাদা একটি কেলাসিত পদার্থ। ইহার গন্ধ রসুনের ন্যায়। ইহার গলনাংক 23·8° C.। ইহার বাষ্প-ঘনত্ব 110 বলিয়া ইহাকে P_4O_6 সংকেত দ্বারা নির্দেশ করাই বিধেয়। ইহা একটি বিষাক্ত পদার্থ।

ফসফরাস ট্রায়ক্সাইড বায়ুর সংস্পর্শে সহজেই জারিত হইয়া ফসফরাস পেণ্টক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। উষ্ণ বায়ু অথবা ক্লোরিনের সংস্পর্শে ইহা জলিয়া উঠে। ইহা একটি অম্লধর্মী অক্সাইড এবং শীতল জলের সহিত বিক্রিয়ায় ফসফরাস অ্যাসিড উৎপন্ন করে। $P_4O_6+6H_2O=4H_3PO_3$.

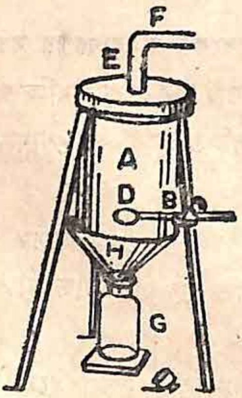
উষ্ণ জলের সহিত ফসফরাস ট্রায়ক্সাইড তীব্র বিস্ফোরণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া লোহিত ফসফরাস, ফসফিন ও ফসফরিক অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

P_4 মৌলের মত P_4O_6-এর চারিটি P পরমাণু টেট্রাহেড্রনের চারি কোণে অবস্থিত এবং অক্সিজেন পরমাণুগুলি দুইটি সন্নিহিত P পরমাণুর মধ্যে কোণাকুণিভাবে সেতু রচনা করিয়া অবস্থান করে।

ফসফরাস পেণ্টক্সাইড (P_2O_5 বা P_4O_{10})

ফসফরাসের সর্বাধিক গুরুত্বপূর্ণ অক্সাইড় ফসফরাস পেণ্টক্সাইড। অতিরিক্ত পরিমাণে অনার্দ্র বায়ুতে অনার্দ্র-ফসফরাসের দহন বা জারণ ঘটিলে ফসফরাস পেণ্টক্সাইড উৎপন্ন হয়। $4P+5O_2=2P_2O_5$

শিল্প-প্রস্তুতি ঃ একটি দুই-মুখ-খোলা লৌহপাত্রের উপরাংশে একটি বাঁকা নলযুক্ত ঢাকনী ও নিম্নাংশে একটি ফানেল থাকে এবং পাত্রটির পার্শ্বদেশ দিয়া একটি তামার চামচ অন্তঃপ্রবিষ্ট থাকে। তামার চামচটিতে জলন্ত শ্বেত ফসফরাস লইয়া যন্ত্রটিতে প্রবেশ করাইয়া ঢাকনীটি চাপা দেওয়া হয়। ফসফরাস বায়ুতে পুড়িয়া ফসফরাস পেণ্টকসাইডের গাঢ় সাদা ধূম উৎপন্ন করে ও উহা পাত্রের গাত্রে কঠিন চূর্ণরূপে জমিয়া অবশেষে ফানেলের নিম্নে রক্ষিত বোতলে ঝরিয়া পড়ে। ঢাকনীটি মধ্যে মধ্যে খুলিয়া যথেষ্ট বায়ু প্রবেশ করিতে দেওয়া হয় এবং ফসফরাসও ক্রমান্বয়ে প্রবেশ করানো হইতে থাকে। এইভাবে ফসফরাসের দহন অব্যাহত রাখা হয়।



চিত্র,—৩৫ P_2O_5 প্রস্তুতি

P_4O_{10}-এর সহিত কিছু P_4O_6 উৎপন্ন হইয়া থাকে; অবিশুদ্ধ ফসফরাস

পেণ্টক্সাইডকে পুনর্বার অতিরিক্ত বায়ুতে দহন করিয়া সবশেষে ঊর্ধ্বপাতনের সাহায্যে ইহাকে বিশুদ্ধরূপে পাওয়া যায়।

ধর্ম ঃ ফসফরাস পেণ্টক্সাইড এক জলাকর্ষী কঠিন পদার্থ। সাধারণ ও অবিশুদ্ধ অবস্থায় ইহা অল্প রসুনের ন্যায় গন্ধযুক্ত, কিন্তু বিশুদ্ধ অবস্থায় ইহা গন্ধহীন হইয়া থাকে। উত্তপ্ত করিলে ইহা ঊর্ধ্বপাতিত হইয়া থাকে।

ফসফরাস পেণ্টক্সাইডের জলের উপর আসক্তি অত্যধিক বলিয়া ইহা একটি উৎকৃষ্ট নিরুদক পদার্থ (dehydrating agent) হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

আর্দ্র পদার্থের জল, এমনকি পদার্থের অণুমধ্যস্থ জলও ফসফরাস পেণ্টক্সাইড কর্তৃক আকর্ষিত হয়—

$$2HNO_3 + P_2O_5 = N_2O_5 + 2HPO_3$$

$$C_2H_5OH + P_2O_5 = C_2H_4 + 2HPO_3$$

শীতল জলের সহিত P_4O_{10} সশব্দে বিক্রিয়া করিয়া মেটাফসফরিক অ্যাসিড (HPO_3) এবং উষ্ণ জলের সহিত বিক্রিয়া করিয়া অর্থো-ফসফরিক এসিড (H_3PO_4) উৎপন্ন করে—

$$P_2O_5 + H_2O = 2HPO_3 \; ; \; P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

বাষ্পঘনত্ব অনুসারে ইহার সংকেত P_4O_{10} স্থির হয়। ইহার গঠন সংযুতি ট্রায়ক্সাইডের মত। শুধু টেট্রাহেড্রনের কোণার P পরমাণুর সহিত চারিটি অতিরিক্ত অক্সিজেন পরমাণু সংযুক্ত থাকে।

ব্যবহার ঃ ফসফরিক অ্যাসিড প্রস্তুতিতে এবং নিরুদকরূপে ইহা ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

পঞ্চম অধ্যায়

সালফারের অক্সাইডসমূহ

(Oxides of Sulphur)

সালফার ডায়ক্সাইড

আণবিক সংকেত—SO_2 আণবিক ভার—64 ; বাষ্প ঘনত্ব—32 ;

আবিষ্কার ঃ

সালফার ডায়কসাইড প্রাচীনকাল হইতেই সুপরিচিত। মার্কারির সহিত গাঢ় H_2SO_4 উত্তপ্ত করিয়া 1700 খ্রীষ্টাব্দে প্রিষ্টলে পরীক্ষাগারে প্রথম SO_2 প্রস্তুত করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

আগ্নেয়গিরি অঞ্চলে সালফার দহনজাত SO_2 দেখা যায়। জনাকীর্ণ সহরের বায়ুতেও কয়লার দহনজাত SO_2 কিছু পরিমাণ থাকে।

সালফার ডায়ক্সাইডের প্রস্তুতি ঃ

১। পরীক্ষারে সালফার ডায়কসাইডের প্রস্তুতি ঃ

দীর্ঘনাল ফানেল ও বাঁকানো নির্গমনল-যুক্ত একটি ফ্লাস্কে কিছু কপার লইয়া ফ্লাস্কটিকে একটি তারজালির উপর স্থাপন করা হইলএবং বাঁকানো নির্গমনলের শেষ প্রান্তটি একটি শূন্য (বায়ুপূর্ণ) গ্যাসজারের মধ্যে প্রবিষ্ট করিয়া রাখা হইল। এখন ফানেল দিয়া গাঢ় H_2SO_4 যোগ করিয়া ফ্লাস্কটিকে বুনসেন দ্বীপের সাহায্যে উত্তপ্ত করিলে সালফার ডায়কসাইড উৎপন্ন হয়—

$$Cu+2H_2SO_4=CuSO_4+2H_2O+SO_2$$

উৎপন্ন SO_2 নির্গমনল দিয়া বাহির হইয়া আসে ও ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী বলিয়া শূন্য গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা সংগৃহীত হইতে থাকে। উৎপন্ন SO_2-কে গাঢ় H_2SO_4 পূর্ণ একটি বোতলের মধ্য দিয়া বুদ্বুদায়িত করিয়া পারদের উপর সংগ্রহ করিলে অনাদ্র SO_2 পাওয়া যায়।

২। সালফারকে বায়ুতে বা অক্সিজেনে দহন করিলে SO_2 উৎপন্ন হয়—

$$S+O_2=SO_2$$

৩। বিভিন্ন ধাতু ও অধাতুর সহিত উত্তাপে গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ার ফলে SO_2 উৎপন্ন হয়—$C+2H_2SO_4=2H_2O+CO_2+2SO_2$

$S+2H_2SO_4=2H_2O+3SO_2$

$Hg+2H_2SO_4=HgSO_4+SO_2+2H_2O$

৪। সালফাইট বা বাইসালফাইট লবণকে অম্ল সহযোগে বিক্রিয়া করিলে SO_2 গ্যাস উৎপন্ন হয়—$CaSO_3+2HCl=CaCl_2+H_2O+SO_2$

$NaHSO_3+HCl=NaCl+H_2O+SO_2$

সালফার ডায়ক্সাইডের শিল্প-প্রস্তুতি ঃ

১। অবিশুদ্ধ প্রাকৃতিক সালফারকে স্তূপীকৃত করিয়া বায়ুতে দহন করিয়া SO_2-এর শিল্পোৎপাদন করা হয়—$S+O_2=SO_2$

২। আয়রন পিরাইটিসকে তাপজারণ (Roasting) করিয়া SO_2-এর শিল্পোৎপাদন করা হয়—$4FeS_2+11O_2=2Fe_2O_3+8SO_2$

সালফার ডায়ক্সাইডের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম ঃ সালফার ডায়কসাইড বর্ণহীন, কটুগন্ধী, বিষাক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী; সাধারণ উষ্ণতায় হিমমিশ্রে বা চাপ সহযোগে ইহাকে তরলীভূত করা যায়। ইহার স্ফুটনাংক $-10°C$. ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য।

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

১। SO_2 অদাহ্য এবং দহনের সহায়ক নহে।

২। উত্তপ্ত প্লাটিনাম প্রভাবক সহযোগে SO_2 অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হইয়া সালফার ট্রায়কসাইড (SO_3) উৎপন্ন করে; $2SO_2+O_2=2SO_3$

এই বিক্রিয়াটি সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদনের মূলসূত্র।

৩। SO_2 একটি অম্ল-নিরুদক; ইহার জলীয় দ্রবণে মৃদু-দ্বিক্ষারীয় অম্ল, সালফিউরাস অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। ইহার জলীয় দ্রবণ দুইটি স্তরে H^+ আয়নে বিযোজিত হয়—$SO_2+H_2O=H_2SO_3$

$H_2SO_3 \rightleftharpoons H^+ + HSO_3^-$;

$HSO_3^- \rightleftharpoons H^+ + SO_3^{--}$

৪। অম্লধর্মিতার জন্য SO_2 ক্ষার বা ক্ষারক দ্রবণে শোষিত হইয়া সালফাইট ও

বাইসালফ্রাইট শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে ; ক্ষারের মাত্রা অধিক হইলে বাইসালফাইট লবণ উৎপন্ন হইয়া থাকে—

$NaOH + SO_2 = NaHSO_3$; $2NaOH + SO_2 = Na_2SO_3 + H_2O$

$Ca(OH)_2 + SO_2 = CaSO_3 + H_2O$;

$CaSO_3 + SO_2 + H_2O = Ca(HSO_3)_2$

$Na_2CO_3 + SO_2 = Na_2SO_3 + CO_2$

৫। সালফার ডায়কসাইড একটি উৎকৃষ্ট বিজারক পদার্থ ; বহু যৌগিক ধাতব লবণ SO_2 সহযোগে বিজারিত হয় ; প্রকৃতপক্ষে $SO_3{}^{2-}$ আয়ন জলের সহযোগে ইলেকট্রন বর্জন করিয়া থাকে। এই ইলেকট্রন জারিক পদার্থ গ্রহণ করে ; $SO_3{}^{2-} + H_2O \rightarrow SO_4{}^{2-} + 2H^+ + 2e$; এইরূপে গোলাপী পারমাংগানেট লবণ—বর্ণহীন ম্যাংগানাস লবণে ; পীতবর্ণের ফেরিক লবণ—বর্ণহীন ফেরাস লবণে, কমলা রঙের ডাইক্রোমেট লবণ সবুজ ক্রোমিক লবণে, বর্ণযুক্ত হ্যালোজেন দ্রবণ—বর্ণহীন হ্যালোজেন হাইড্রাসিড দ্রবণে ইত্যাদিতে পরিণত হয় ; যথা—

$2KMnO^-_4 + 5SO_2 + 2H_2O = K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 2H_2SO_4$

$[2MnO_4^- + 2H_2O + 5SO_2 \longrightarrow 2Mn^{2+} + 4H^+ + 5SO_4{}^{2-}]$

$K_2Cr_2O_7 + 3SO_2 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + H_2O$

$[Cr_2O_7{}^{2-} + 3SO_2 + 2H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + H_2O + 3SO_4{}^{2-}]$

$2FeCl_3 + SO_2 + 2H_2O = 2FeCl_2 + H_2SO_4 + 2HCl$;

$[2Fe^{3+} + 2H_2O + SO_2 \rightarrow 2Fe^{2+} + 4H^+ + SO_4{}^{2-}]$

$X_2 + SO_2 + 2H_2O = 2HX + H_2SO_4 (X = Cl, Br, I)$;

$Cl_2 + 2H_2O + SO_2 \rightarrow 4H^+ + 2Cl^- + SO_4{}^{2-}$

৬। ইহা বহু রঙীন জৈব যৌগিককে বিজারিত করিয়া বর্ণহীন করে। বিরঞ্জনের জন্য আর্দ্রতা বা জলের উপস্থিতি অত্যাবশ্যক ; অনার্দ্র অবস্থায় উহা বিরঞ্জনে অক্ষম।

পরীক্ষা: (ক) SO_2 পূর্ণ গ্যাসজারে একটি আর্দ্র লালফুল ও অপর একটি গ্যাসজারে একটি অনার্দ্র বা শুষ্ক লালফুল রাখিয়া দেওয়া হইয়া হইল। দেখা যায় প্রথম গ্যাসজারের ফুলটি বর্ণহীন হইয়া গিয়াছে, দ্বিতীয়টির নয়।

(খ) SO_2 পূর্ণ একটি গ্যাসজারে কিছু রঙীন ম্যাজেন্টা (magenta) দ্রবণ ঢালিয়া দেওয়া হইল ; দেখা যায় ম্যাজেন্টা দ্রবণ বর্ণহীন হইয়া গিয়াছে।

SO_2, Cl_2 অপেক্ষা মৃদু বিরঞ্জক। ক্লোরিন বর্ণোৎপাদক যৌগিককে জারিত করিয়া বিরঞ্জন করে, কিন্তু SO_2 বর্ণোৎপাদক যৌগিককে বিজারিত করিয়া বিরঞ্জন করে।

সালফার ডায়ক্সাইডের নিরীক্ষা ঃ

(১) SO_2-এর বিশিষ্ট তীব্র কটুগন্ধ, বিরঞ্জক ধর্ম আছে।

(২) ইহা গোলাপী বর্ণের পারম্যাংগানেট দ্রবণ লিপ্ত কাগজকে বর্ণহীন করে।

(৩) ইহা কমলা বর্ণের ডাইক্রোমেট-দ্রবণ লিপ্ত কাগজকে সবুজ করে।

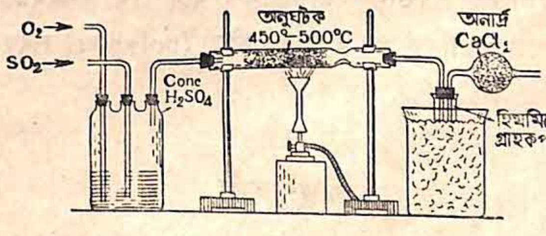
(৪) ইহা আয়োডেট ও স্টার্চ দ্রবণ-লিপ্ত কাগজকে নীল করে।

সালফার ডায়ক্সাইডের ব্যবহার ঃ

সালফার ডায়কসাইড উৎকৃষ্ট জীবাণু-নাশক ও কীটঘ্নরূপে হাসপাতাল প্রভৃতিতে ব্যবহার হয়। SO_2, H_2SO_4-এর শিল্পোৎপাদনের অপরিহার্য কাঁচামাল। SO_2 সালফাইট ও বাইসালফাইট লবণ প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয়। SO_2 হিমায়নে (refrigeration) ও বিরঞ্জনে ব্যবহার হয়। SO_2 মদ্য, মাংস প্রভৃতির সংরক্ষণে ব্যবহার হয়। SO_2 শর্করা শিল্পে ও কাগজ শিল্পে ব্যবহার হয়। SO_2 ক্লোরিন ধ্বংসীরূপে ব্যবহৃত হয়।

সালফার ট্রায়অক্সাইড SO_3

প্রস্তুতি ঃ সালফার ডায়ক্সাইড ও অক্সিজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগে সালফার ট্রায়অক্সাইড উৎপন্ন হয় ; এই বিক্রিয়ার হার অত্যন্ত মন্থর। সেইজন্য বিক্রিয়া ত্বরান্বিত করিতে অনুঘটক ব্যবহার প্রয়োজন। সিলিকা জেল বা অ্যাসবেস্টাসের উপর জমানো প্লাটিনাম সূক্ষ্মচূর্ণ অনুঘটকরূপে কাজ করে। ভেনাডিয়াম পেণ্টক্সাইডকেও অনুঘটকরূপে ব্যবহার করা যায়। অনুঘটকের সংস্পর্শে এই জারণ ক্রিয়ার জন্য 450°C—500°C উষ্ণতা প্রয়োজন। সালফার ডায়ক্সাইডের সহিত অতিরিক্ত অক্সিজেন মিশাইয়া এই মিশ্রণকে গাঢ় H_2SO_4-এর ভিতর দিয়া পরিচালনা করিয়া শুষ্ক করা হয়। শুষ্ক মিশ্রণকে 450°—500°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত অনুঘটকের উপর দিয়া প্রবাহিত



চিত্র, ৩৬—SO_3 প্রস্তুতি

করিলে SO_2 জারিত হইয়া SO_3 উৎপন্ন করে। প্রকৃতপক্ষে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প উৎপাদনকালে SO_3 এইভাবেই প্রস্তুত করা হয় (চিত্র ৩৬)।

$$2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$$

উৎপন্ন SO_3 সাদা ঘন ধোঁয়ারূপে নির্গত হয়। এই বাষ্পকে হিমমিশ্রে ঠাণ্ডা করিয়া SO_3 কঠিনাকারে পাওয়া যায়।

পরীক্ষাগারে সালফিউরিক অ্যাসিডকে ফসফরাস পেণ্টক্সাইডসহ পাতিত করিলে সালফার ট্রায়ক্সাইড গ্যাস তৈয়ার হয়।

$$H_2SO_4 + P_2O_5 = 2HPO_3 + SO_3$$

অনার্দ্র আয়রন সালফেটকে উত্তপ্ত করিলেও SO_3 উৎপন্ন হয়।

$$Fe_2(SO_4)_3 = Fe_2O_3 + 3SO_3$$

সালফার ট্রায়ক্সাইডের ধর্ম: সাধারণ তাপমাত্রায় SO_3 সাদা স্ফটিকাকার, অত্যন্ত জলাকর্ষী কঠিন পদার্থ। আর্দ্র বাতাসে ইহা অত্যন্ত ঘন সাদা ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। আসলে এই ধোঁয়া খুব ছোট ছোট সালফিউরিক অ্যাসিড কণার সমষ্টি; $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$

SO_3 গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে দ্রবীভূত হইয়া ধূমায়মান সালফিউরিক অ্যাসিড (fuming sulphuric acid) বা পাইরো-সালফিউরিক অ্যাসিড ($H_2S_2O_7$) উৎপন্ন করে; $H_2SO_4 + SO_3 = H_2S_2O_7$

SO_3 অম্লধর্মী; সেইজন্য ইহা ক্ষারীয় অক্সাইড বা ক্ষারের সহিত বিক্রিয়া করিয়া সালফেট লবণ প্রস্তুত করে। $Na_2O + SO_3 = Na_2SO_4$; $BaO + SO_3 = BaSO_4$।

BaO-র সহিত বিক্রিয়াকালে এত তাপ উদ্ভূত হয় যে অক্সাইড ভাস্বর হইয়া উঠে। HCl-এর সহিত মিলনে SO_3 ক্লোরোসালফোনিক অ্যাসিড [$SO_2(OH)C$ উৎপাদন করে। $SO_3 + HCl = SO_2(OH)C$

SO_3 বিভিন্ন প্রকারের হইয়া থাকে: যথা αSO_3 ও βSO_3। βSO_3 আবার দুই রকমের। ইহাদের সবগুলিই রাসায়নিক ধর্মে এক রকমের আচরণ করে; ইহাদের প্রত্যেকটিতে একাধিক অণু একত্রিত হইয়া (polymer) অবস্থায় থাকে।

অনুশীলনী

১। পরীক্ষাগারে কার্বন মনোক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত হয়? কার্বন মনোক্সাইড ও কার্বন ডায়ক্সাইডের ধর্মের তুলনা কর।

২। নিম্নলিখিত গুলির উপর কার্বন মনোক্সাইডের বিক্রিয়া সমীকরণ সহ লিখ: S, রক্ততপ্ত CuO, ষ্টীম, কঠিন NaOH, উত্তপ্ত সূক্ষ্ম Ni অথবা Fe চূর্ণ। বিক্রিয়ার সমীকরণগুলি লিখ।

৩। পরীক্ষাগারে কার্বন ডায়ক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত হয়? কার্বন ডায়ক্সাইডের ধর্ম ও ব্যবহার লিখ।

৪। সমীকরণ সহ লিখ :—

কি ঘটনা ঘটিতে দেখা যায় যদি : (ক) এক খণ্ড জ্বলন্ত ম্যাগনেশিয়াম একটি CO পূর্ণ জারে প্রবেশ করানো যায়, (খ) CO দীর্ঘ সময় ধরিয়া চুনের জলের ভিতর চালনা করা হয়, (গ) Na_2CO_3 দ্রবণের ভিতরে CO_2 চালনা করা হয়, (ঘ) চাপ সহযোগে NaOH দ্রবণের ভিতরে CO_2 চালনা করা হয়, (ঙ) জ্বলন্ত Na বা Mg, CO_2 পূর্ণ গ্যাস জারে প্রবেশ করানো যায়।

৫। ওজন মাত্রিক প্রণালীতে CO_2-এর সংযুক্তি বর্ণনা কর।

৬। সিলিকা কি? উহা কোথায় পাওয়া যায়? সিলিকার প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার আলোচনা কর।

৭। সিলিকার রূপভেদ গুলির নাম লিখ ও তাহাদের ব্যবহার লিখ।

৮। নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড গুলির নাম ও সংকেত লিখ।

৯। পরীক্ষাগারে নাইট্রাস অক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত হয়? উহার ধর্ম ও ব্যবহার লিখ।

১০। নাইট্রিক অক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত হয়? নিম্নলিখিত গুলির উপর নাইট্রিক অক্সাইডের বিক্রিয়াগুলি সমীকরণ সহ লিখ :

P_4, I_2, H_2, তীব্র উত্তপ্ত Cu

১১। নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইডগুলির ধর্মের তুলনা কর।

১২। ফসফরাস পেন্টাক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত হয়? ইহার প্রধান প্রধান ধর্মগুলি আলোচনা কর।

১৩। সালফার ডায়ক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? সালফার ডায়ক্সাইডের প্রধান প্রধান ব্যবহার লিখ।

১৪। শর্ত উল্লেখপূর্বক নিম্নলিখিত গুলির উপর সালফার ডায়ক্সাইডের বিক্রিয়া লিখ :

O_3, NaOH, $KMnO_4$, $FeCl_3$, হ্যালোজেন মৌল সমূহ

সালফার ট্রায়ক্সাইড কিরূপে প্রস্তুত হয়? ইহার প্রধান প্রয়োজনীয়তা কি? নিম্নলিখিত গুলির উপর সালফার ট্রায়ক্সাইডের বিক্রিয়া লিখ :

H_2, H_2SO_4, Na_2S, HCl.

পঞ্চম পরিচ্ছেদ

অক্সিঅ্যাসিড

(Oxyacids)

হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও অপর কোন অধাতব মৌলের রাসায়নিক সংযোগে যে অ্যাসিড গঠিত হয়, তাহাই অক্সিঅ্যাসিড। যেমন নাইট্রাস (HNO_2), নাইট্রিক (HNO_3), সালফিউরাস (H_2SO_3), সালফিউরিক (H_2SO_4), ফসফরাস (H_3PO_3), ফসফেরিক (H_3PO_4) অ্যাসিড ইত্যাদি। অক্সিঅ্যাসিডের প্রতিস্থাপনীয় হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন পরস্পর একত্রে সংঘবদ্ধ থাকে। যেমন $O_2N(OH)$; $O_2S(OH)_2$। অক্সিঅ্যাসিডের তীব্রতা কেন্দ্রীয় অধাতু পরমাণুর তড়িৎঋণাত্মকতা ও উহার জারণ-সংখ্যার উপর নির্ভর করে। তড়িৎঋণাত্মকতা ও জারণ-সংখ্যা যত বেশী হইবে, সেই অক্সিঅ্যাসিড তত তীব্র হইবে।

$H_2SO_4 > H_2SO_3$; $HOCl > HOBr > HOI$

এখানে কতিপয়-অক্সি অ্যাসিডের প্রস্তুতি ও ধর্ম আলোচনা করা হইয়াছে।

নাইট্রাস অ্যাসিড

(Nitrous acid)

সংকেত : HNO_2

আণবিক ভার : 47

নাইট্রাস অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না ; ইহাকে জলীয় দ্রবণে পাওয়া যায়। ইহার বিভিন্ন লবণ বিশুদ্ধ অবস্থায় প্রস্তুত করা সম্ভব।

প্রস্তুতি : বেরিয়াম নাইট্রাইট, $Ba(NO_2)_2$ লবণের জলীয় দ্রবণের সহিত লঘু সালফিউরিক অ্যাসিড মিশাইলেই উহাদের বিক্রিয়ায় নাইট্রাস অ্যাসিড ও বেরিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয়। বেরিয়াম সালফেট জলে অদ্রাব্য, কাজেই উহা অধঃক্ষিপ্ত হয়। বেরিয়াম সালফেটকে ছাঁকিয়া লইলেই নাইট্রাস অ্যাসিডের দ্রবণ পাওয়া যায়।

$$Ba(NO_2)_2 + H_2SO_4 = BaSO_4 + 2HNO_2$$

নাইট্রাস অ্যাসিড অত্যন্ত অস্থায়ী ; দ্রবণকে বেশীদিন রাখিয়া দিলে সাধারণ উষ্ণতায়ই ইহা বিযোজিত হইয়া যায়।

$$3HNO_2 = HNO_3 + 2NO + H_2O$$

নাইট্রাস অ্যাসিডের ধর্ম : জলীয় দ্রবণেই নাইট্রাস অ্যাসিড পাওয়া যায়। ইহা একটি অত্যন্ত মৃদু, এক ক্ষারীয় অ্যাসিড। ইহা জারক ও বিজারক উভয় রূপেই ক্রিয়া করিয়া থাকে। বর্ণ- নীল

(i) বিজারক হিসাবে ইহা নাইট্রিক অ্যাসিডে পরিণত হয় ;

$$NO_2^- + H_2O \rightarrow NO_3^- + 2H^+ + 2e$$

(ii) জারক হিসাবে ইহা প্রধানতঃ নাইট্রিক অক্সাইডে পরিণত হয়।

$$NO_2^- + 2H^+ + 2e \rightarrow NO + H_2O$$

ইহা অম্লীকৃত পটাশিয়াম-পারম্যাঙ্গানেট, ব্রোমিন, হাইড্রোজেন পারঅক্সাইড, দ্রবণকে বিজারিত করে এবং নিজে নাইট্রিক অ্যাসিডে জারিত হয়।

$$HNO_2 + Br_2 + H_2O = HNO_3 + 2HBr$$

$$5HNO_2 + 2KMnO_4 + 3H_2SO_4$$
$$= 5HNO_3 + K_2SO_4 + 2MnSO_4 + 3H_2O$$

(iii) ইহা ফেরাস লবণকে ফেরিক লবণে, স্ট্যানাস লবণকে স্ট্যানিক লবণে, সালফার ডাই-অক্সাইডকে সালফিউরিক অ্যাসিডে জারিত করে। আয়োডাইড হইতে আইয়োডিন নিষ্ক্রান্ত করে। এই সব জারণ ক্রিয়ার ফলে নাইট্রাস অ্যাসিড নাইট্রিক অক্সাইডে বিজারিত হয়।

$$2HNO_2 + SO_2 = 2NO + H_2SO_4$$

$$2HNO_2 + 2KI = 2NO + 2KOH + I_2$$

$$2HNO_2 + H_2S = 2NO + S + 2H_2O$$

$$2FeSO_4 + 2KNO_2 + 3H_2SO$$
$$= Fe_2(SO_4)_3 + 2KHSO_4 + 2H_2O + 2NO$$

$$2HNO_2 + SnCl_2 + 2HCl + 2NO + SnCl_4 + 2H_2O$$

অ্যামোনিয়া, অ্যামোনিয়াম যৌগ কিংবা—NH_2 মূলকযুক্ত অ্যামিনো যৌগের সহিত নাইট্রাস অ্যাসিড বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$HNO_2 + NH_4Cl = N_2 + 2H_2O + HCl$$

$$HNO_2 + CH_3NH_2 = CH_3OH + N_2 + H_2O$$

$$2HNO_2 + \begin{matrix} H_2N \\ H_2N \end{matrix}\!\!>CO = 2N_2 + 3H_2O + CO_2$$

(ইউরিয়া)

নাইট্রাস অ্যাসিড ও নাইট্রাইট লবণের পরীক্ষা :

(i) নাইট্রাস অ্যাসিড বা নাইট্রাইটের দ্রবণে লঘু HCl দিলে লাল বাদামী বর্ণের NO_2 গ্যাস নিষ্ক্রান্ত হয়। (ii) পটাশিয়াম আয়োডাইডের আম্লিক দ্রবণ হইতে উহারা আয়োডিন উদ্ভূত করে। (iii) অম্লীকৃত পটাশিয়াম পারম্যাঙ্গানেটের পিঙ্গল

বর্ণের দ্রবণকে বর্ণহীন করে। (iv) মেটাফিলিলিন-ডাই-অ্যামিনের হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড দ্রবণকে উহারা পিঙ্গল করিয়া দেয়।

নাইট্রিক অ্যাসিড
(Nitric acid)

সংকেত : HNO_3 আণবিক ভার : 63

পূর্বকথা :

প্রাচীন বৈজ্ঞানিকেরা দীর্ঘকাল হইতেই 'অ্যাকোয়া ফর্টিস' বা শক্তিশালী জলরূপে নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার অবগত ছিলেন। দ্বাদশ শতাব্দীতে প্রসিদ্ধ প্রাচীন আরব বিজ্ঞানী **জিবার** (Geber) হীরাকস (ফেরাস সালফেট) ও সোরার (নাইটার) পাতনে, নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির প্রণালী বর্ণনা করেন। সপ্তদশ শতাব্দীতে **গ্লবার** (Glauber) সোরা ও সালফিউরিক অ্যাসিড পাতনে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুত করেন। **ল্যাভয়সিয়ে** (1776) ও **গে-ল্যুসাক** (1816) নাইট্রিক অ্যাসিডের সংযুতি প্রমাণ করেন।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব

বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন বিদ্যুৎ-পাতে নাইট্রিক অক্সাইড ও উহা পরে বৃষ্টি জলের সহিত নাইট্রিক অ্যাসিড সৃষ্টি করে। বায়ুমণ্ডলস্থ এই নাইট্রিক অ্যাসিড ভূমিতে মৃত্তিকার সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করে। নাইট্রিক অ্যাসিড প্রধানতঃ, ভূত্বকে নাইট্রেট-লবণ রূপেই পাওয়া যায়। নাইট্রেট লবণের মধ্যে সোরা (Chili Saltpetre) পাওয়া যায় ; চিলি-সোরা অল্প KNO_3 মিশ্রিত $NaNO_3$।

পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতি :

নাইট্রিক অ্যাসিড একটি উদ্বায়ী অ্যাসিড। সে কারণে, নাইট্রেট লবণের সহিত কোনো অনুদ্বায়ী অ্যাসিড মিশ্রিত করিয়া পাতন করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড বিচ্যুত ও পাতিত হইতে থাকে।

পরীক্ষাগারে সাধারণতঃ নাইট্রেট লবণরূপে KNO_3, ও অনুদ্বায়ী অ্যাসিডরূপে গাঢ় H_2SO_4 লওয়া হয়। KNO_3-এর পরিবর্তে অপর নাইট্রেট লবণও ব্যবহার করা যায়।

KNO_3 ও H_2SO_4-এর মিশ্র উত্তপ্ত করিলে উহাদের বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। নাইট্রিক অ্যাসিডের উৎপাদন দুইটি স্তরে ঘটে :

(i) $KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3$ (200°–300°C উষ্ণতা)

(ii) $KHSO_4 + KNO_3 = K_2SO_4 + HNO_3$ (৪00°C উষ্ণতা)

$$2KNO_3 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2HNO_3$$

নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতিকালে সাধারণতঃ বিক্রিয়াটি প্রথম স্তরেই সীমাবদ্ধ রাখা হয়—কারণ উচ্চ-উষ্ণতায় দ্বিতীয় স্তর পর্যন্ত বিক্রিয়া ঘটাইলে :

(১) উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড অংশতঃ বিয়োজিত হইতে থাকে ;

(২) উৎপন্ন K_2SO_4 বিক্রিয়া পাত্রে দৃঢ়ভাবে সংলগ্ন হইতে থাকে ; ফ্লাস্কটি না ভাঙ্গিয়া উহাকে সংগ্রহ করা যায় না।

(৩) উচ্চ উষ্ণতায় উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড বিক্রিয়া-পাত্রের (বিশেষতঃ ধাতু নির্মিত পাত্রের) সহিত তীব্র বিক্রিয়া করে।

একটি রিটর্টের মধ্যে সমপরিমাণ পটাসিয়ম নাইট্রেট ও গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রিত করিয়া রিটর্টটিকে একটি তারজালির উপর স্থাপন করা হয় ও রিটর্টের গ্রীবা-প্রান্তে একটি শীতল গ্রাহক রাখা হয়। গ্রাহকটিকে শীতল রাখার জন্য সাধারণতঃ উহা একটি জলপূর্ণ পাত্রে স্থাপন করিয়া রাখা হয়।

এখন রিটর্টটি উত্তপ্ত করিলে HNO_3 উৎপন্ন ও পাতিত হইয়া শীতল গ্রাহকে ঈষৎ হরিদ্রাভ তরল পদার্থরূপে ঘনীভূত হয়। পাতন ফ্লাস্কে $KHSO_4$ পড়িয়া থাকে।

বিশোধন : উৎপন্ন নাইট্রিক অ্যাসিড সম্পূর্ণরূপে বিশুদ্ধ হয় না, উহার সহিত কিছু জল ও NO_2 মিশ্রিত থাকে ; সেই কারণে উহার রঙ হলুদ হয়। এই অ্যাসিডকে কিছু গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রিত করিয়া নিম্নচাপে পাতন করিলে ও পাতিত নাইট্রিক অ্যাসিডের মধ্য দিয়া 60°C উষ্ণতায় বায়ু চালনা করিলে NO_2 দূরীভূত হইয়া অ্যাসিড বর্ণহীন হয় এবং বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

ফিউমিং বা ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড (Fuming nitric acid) :—

গাঢ় HNO_3 ছাড়া, শিল্পে ও পরীক্ষাগারে ফিউমিং নাইট্রিক অ্যাসিড কোন কোন ক্ষেত্রে ব্যবহার হয়। [HNO_3তে NO_2 সহজেই দ্রবীভূত হয় এবং দ্রবণের বর্ণ হয় গাঢ় বাদামী। NO_2 (কিছু N_2O_3) দ্রবীভূত বাদামী বর্ণের HNO_3কে **ধূমায়মান নাইট্রিক অ্যাসিড** বলে।] গাঢ় HNO_3 অ্যাসিডকে অল্প স্টার্চ বা আর্সেনিয়াস অক্সাইড সহযোগে পাতন করিলে গাঢ়-বাদামী বর্ণের যে তরল পদার্থ পাওয়া যায়, উহাই ফিউমিং নাইট্রিক অ্যাসিড। এই অ্যাসিডে যথেষ্ট পরিমাণ N_2O_4 দ্রবীভূত থাকায় উহার বর্ণ ঐরূপ হয়। ফিউমিং নাইট্রিক অ্যাসিড গাঢ় HNO_3 অপেক্ষাও অধিক শক্তিশালী জারক-পদার্থ।

নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম ঃ নাইট্রিক অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় বর্ণহীন, উদ্বায়ী ও জলাকর্ষী তরল পদার্থ ; বাতাসে খোলা অবস্থায় রাখিলে উহা স্বতঃই ধূমায়িত হইতে থাকে। 14° সে. উষ্ণতায় ইহার ঘনত্ব 1·52 ; 68% নাইট্রিক অ্যাসিডের ঘনত্ব 1·414 এবং স্ফুটনাংক 120·5°C। বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডের স্ফুটনাংক 86°C ও সেই উষ্ণতায় স্ফুটনকালে নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইড, জল ও অক্সিজেনে ইহার বিয়োজন ঘটিতে থাকে [$4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$] সুতরাং বিশুদ্ধ HNO_3-এর পাতন সম্ভব নয় ; কারণ পাতন কালে HNO_3 বিয়োজিত হইতে থাকে। জলের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইয়া HNO_3-এর ভাগ যখন 68% হয়, তখন অ্যাসিড 120·5°C তাপমাত্রায় ফুটিতে থাকে এবং অবিকৃত অবস্থায় (68%HNO_3) পাতিত হইয়া আসে।

নাইট্রিক অ্যাসিড সকল উষ্ণতায়ই বিয়োজিত হইতে থাকে ; আলোক বা উত্তাপের প্রভাবে বিয়োজন দ্রুততর হয়। সেজন্য সাধারণ নাইট্রিক অ্যাসিডের বোতলে নাইট্রিক অ্যাসিডের বর্ণ ঈষৎ বাদামী রঙের হয় ;

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

(ক) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র এক-ক্ষারীয় অম্ল। জলীয় দ্রবণে ইহা হইতে H^+ আয়ন উৎপন্ন হয়—শতকরা 93 ভাগ আয়ন বিশ্লেষিত হয়।

$$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$$

কিন্তু অনার্দ্র অবস্থায় বিশুদ্ধ HNO_3 আয়নিত হয় না।

অম্লরূপে নাইট্রিক অ্যাসিড বিভিন্ন ক্ষার ও ক্ষারককে প্রশমিত করিয়া লবণ উৎপন্ন করে—

$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$
$$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$$

(খ) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি উচ্চ শক্তির জারক পদার্থ ও বহু ধাতু, অধাতু, ধাতব লবণ এবং জৈব ও অজৈব যৌগিক HNO_3 এর সংস্পর্শে জারিত হয়। নিম্নে নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল—

নাইট্রিক অ্যাসিড ও অধাতুর বিক্রিয়া—

অধিকাংশ অধাতুই নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় অক্সাইড বা অক্সিঅ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়। এইরূপে ফসফরাস ফসফোরিক অ্যাসিড, সালফার—সালফিউরিক অ্যাসিড, আয়োডিন—আয়োডিক অ্যাসিড ইত্যাদিতে রূপান্তরিত হয়—

$$P + 5HNO_3 = H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O$$
$$S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$$
$$I_2 + 10HNO_3 = HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$$
$$As + 5HNO_3 = H_3AsO_4 + 5NO_2 + H_2O$$
$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধাতুর বিক্রিয়া ঃ

নাইট্রিক অ্যাসিড প্রথমতঃ অম্ল ও দ্বিতীয়তঃ উহা জারক পদার্থ। ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডের এই যুগ্ম ধর্মই একত্র ক্রিয়া করে বলিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ধাতুগুলির বিক্রিয়া অপেক্ষাকৃত জটিল।

নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ধাতুর বিক্রিয়ায়—

(১) প্রথমতঃ ধাতুর নাইট্রেট উৎপন্ন হয় ;

(২) দ্বিতীয়তঃ, অম্ল ও ধাতুর বিক্রিয়ায় যেরূপ H_2 উৎপন্ন হয়, HNO_3 ও ধাতুর বিক্রিয়ায় সেরূপ হয় না ; উৎপন্ন হাইড্রোজেন HNO_3-এর জারক ধর্মের জন্য, জারিত হইয়া জল (H_2O) উৎপন্ন করে এবং HNO_3 বিজারিত হইয়া ধাতু-বিশেষে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড, অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়ম নাইট্রেটে পরিণত হয়।

HNO_3-এর এই ক্রম-বিজারণকে নিম্নোক্তরূপে বুঝা যায়—

(i) $2HNO_3+2H=2H_2O+N_2O_4$

$[NO_3^-+2H^++e=H_2O+NO_2]$

(ii) $2HNO_3+6H=4H_2O+2NO$

$[NO_3^-+4H^++3e=2H_2O+NO]$

(iii) $2HNO_3+8H=5H_2O+N_2O$

$[2NO_3^-+10H^++8e=5H_2O+N_2O$

(iv) $2HNO_3+16H=6H_2O+2NH_3$

(v) $(NH_3+HNO_3=NH_4NO_3)$

$[NO_3^-+10H^++8e=3H_2O+NH_4^+$

ধাতুর প্রকৃতি, (বিজারক হিসাবে তীব্রতার ক্রম অনুযায়ী) বিক্রিয়ক HNO_3-এর গাঢ়তা ও অবস্থা এবং উষ্ণতার ভেদে—নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধাতুর বিক্রিয়াগুলি নির্ধারিত হইয়া থাকে। গাঢ় HNO_3 ও মৃদু শক্তির বিজারক ধাতু (Pb, Cu, Hg, Ag প্রভৃতি) সমূহের বিক্রিয়ায় সাধারণতঃ NO_2 বা NO উৎপন্ন হয়। লঘু ও শক্তিশালী বিজারক ধাতুদের (Mg, Zn, Fe প্রভৃতি) বিক্রিয়ায় অন্যান্য পদার্থ উৎপন্ন হয়।

নিম্নে কয়েকটি প্রধান ধাতুর সহিত HNO_3-এর বিক্রিয়া আলোচনা হইল—

কপার

(i) শীতল ও গাঢ় HNO_3, N_2O_4 উৎপন্ন করে—

$$Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2H_2O+N_2O_4$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের ধর্ম ঃ

ভৌত ধর্ম ঃ নাইট্রিক অ্যাসিড বিশুদ্ধ অবস্থায় বর্ণহীন, উদ্বায়ী ও জলাকর্ষী তরল পদার্থ ; বাতাসে খোলা অবস্থায় রাখিলে উহা স্বতঃই ধূমায়িত হইতে থাকে। 14° সে. উষ্ণতায় ইহার ঘনত্ব 1·52 ; 68% নাইট্রিক অ্যাসিডের ঘনত্ব 1·414 এবং স্ফুটনাংক 120·5°C। বিশুদ্ধ নাইট্রিক অ্যাসিডের স্ফুটনাংক 86°C ও সেই উষ্ণতায় স্ফুটনকালে নাইট্রোজেন ডাই অক্সাইড, জল ও অক্সিজেনে ইহার বিয়োজন ঘটিতে থাকে [$4HNO_3 = 4NO_2 + O_2 + 2H_2O$] সুতরাং বিশুদ্ধ HNO_3-এর পাতন সম্ভব নয় ; কারণ পাতন কালে HNO_3 বিয়োজিত হইতে থাকে। জলের পরিমাণ বৃদ্ধি পাইয়া HNO_3-এর ভাগ যখন 68% হয়, তখন অ্যাসিড 120°5°C তাপমাত্রায় ফুটিতে থাকে এবং অবিকৃত অবস্থায় (68%HNO_3) পাতিত হইয়া আসে।

নাইট্রিক অ্যাসিড সকল উষ্ণতায়ই বিয়োজিত হইতে থাকে ; আলোক বা উত্তাপের প্রভাবে বিয়োজন দ্রুততর হয়। সেজন্য সাধারণ নাইট্রিক অ্যাসিডের বোতলে নাইট্রিক অ্যাসিডের বর্ণ ঈষৎ বাদামী রঙের হয় ;

রাসায়নিক ধর্ম ঃ

(ক) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি তীব্র এক-ক্ষারীয় অম্ল। জলীয় দ্রবণে ইহা হইতে H^+ আয়ন উৎপন্ন হয়—শতকরা 93 ভাগ আয়ন বিশ্লেষিত হয়।

$$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$$

কিন্তু অনার্দ্র অবস্থায় বিশুদ্ধ HNO_3 আয়নিত হয় না।

অম্লরূপে নাইট্রিক অ্যাসিড বিভিন্ন ক্ষার ও ক্ষারককে প্রশমিত করিয়া লবণ উৎপন্ন করে—

$$NaOH + HNO_3 = NaNO_3 + H_2O$$
$$CaO + 2HNO_3 = Ca(NO_3)_2 + H_2O$$

(খ) নাইট্রিক অ্যাসিড একটি উচ্চ শক্তির জারক পদার্থ ও বহু ধাতু, অধাতু, ধাতব লবণ এবং জৈব ও অজৈব যৌগিক HNO_3 এর সংস্পর্শে জারিত হয়। নিম্নে নাইট্রিক অ্যাসিডের জারণ ক্রিয়ার কয়েকটি উদাহরণ দেওয়া হইল--

নাইট্রিক অ্যাসিড ও অধাতুর বিক্রিয়া—

অধিকাংশ অধাতুই নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় অক্সাইড বা অক্সিঅ্যাসিডে রূপান্তরিত হয়। এইরূপে ফসফরাস ফসফোরিক অ্যাসিড, সালফার—সালফিউরিক অ্যাসিড, আয়োডিন—আয়োডিক অ্যাসিড ইত্যাদিতে রূপান্তরিত হয়—

$$P + 5HNO_3 = H_3PO_4 + 5NO_2 + H_2O$$
$$S + 6HNO_3 = H_2SO_4 + 6NO_2 + 2H_2O$$
$$I_2 + 10HNO_3 = HIO_3 + 10NO_2 + 4H_2O$$
$$As + 5HNO_3 = H_3AsO_4 + 5NO_2 + H_2O$$
$$C + 4HNO_3 = CO_2 + 4NO_2 + 2H_2O$$

নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধাতুর বিক্রিয়া ঃ

নাইট্রিক অ্যাসিড প্রথমতঃ অম্ল ও দ্বিতীয়তঃ উহা জারক পদার্থ। ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রিক অ্যাসিডের এই যুগ্ম ধর্মই একত্র ক্রিয়া করে বলিয়া নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ধাতুগুলির বিক্রিয়া অপেক্ষাকৃত জটিল।

নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত ধাতুর বিক্রিয়ায়—

(১) প্রথমতঃ ধাতুর নাইট্রেট উৎপন্ন হয় ;

(২) দ্বিতীয়তঃ, অম্ল ও ধাতুর বিক্রিয়ায় যেরূপ H_2 উৎপন্ন হয়, HNO_3 ও ধাতুর বিক্রিয়ায় সেরূপ হয় না ; উৎপন্ন হাইড্রোজেন HNO_3-এর জারক ধর্মের জন্য, জারিত হইয়া জল (H_2O) উৎপন্ন করে এবং HNO_3 বিজারিত হইয়া ধাতু-বিশেষে নাইট্রোজেনের বিভিন্ন অক্সাইড, অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়ম নাইট্রেটে পরিণত হয়।

HNO_3-এর এই ক্রম-বিজারণকে নিম্নোক্তরূপে বুঝা যায়—

(i) $2HNO_3+2H=2H_2O+N_2O_4$

$[NO_3^-+2H^++e=H_2O+NO_2]$

(ii) $2HNO_3+6H=4H_2O+2NO$

$[NO_3^-+4H^++3e=2H_2O+NO]$

(iii) $2HNO_3+8H=5H_2O+N_2O$

$[2NO_3^-+10H^++8e=5H_2O+N_2O$

(iv) $2HNO_3+16H=6H_2O+2NH_3$

(v) $(NH_3+HNO_3=NH_4NO_3)$

$[NO_3^-+10H^++8e=3H_2O+NH_4^+$

ধাতুর প্রকৃতি, (বিজারক হিসাবে তীব্রতার ক্রম অনুযায়ী) বিক্রিয়ক HNO_3-এর গাঢ়তা ও অবস্থা এবং উষ্ণতার ভেদে—নাইট্রিক অ্যাসিড ও ধাতুর বিক্রিয়াগুলি নির্ধারিত হইয়া থাকে। গাঢ় HNO_3 ও মৃদু শক্তির বিজারক ধাতু (Pb, Cu, Hg, Ag প্রভৃতি) সমূহের বিক্রিয়ায় সাধারণতঃ NO_2 বা NO উৎপন্ন হয়। লঘু ও শক্তিশালী বিজারক ধাতুদের (Mg, Zn, Fe প্রভৃতি) বিক্রিয়ায় অন্যান্য পদার্থ উৎপন্ন হয়।

নিম্নে কয়েকটি প্রধান ধাতুর সহিত HNO_3-এর বিক্রিয়া আলোচনা হইল—

কপার

(i) শীতল ও গাঢ় HNO_3, N_2O_4 উৎপন্ন করে—

$$Cu+4HNO_3=Cu(NO_3)_2+2H_2O+N_2O_4$$

(ii) শীতল ও অল্প গাঢ় HNO_3, NO উৎপন্ন করে—

$$3Cu+8HNO_3=3Cu(NO_3)_2+4H_2O+2NO$$

(iii) তীব্র উত্তপ্ত কপারের সহিত, গ্যাসীয় অবস্থায় HNO_3-এর বিক্রিয়ায় N_2 উৎপন্ন হয়—$5Cu+2HNO_3=5CuO+H_2O+N_2$

জিংক

(i) শীতল ও লঘু HNO_3, NH_4NO_3 উৎপন্ন করে—

$$4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+3H_2O+NH_4NO_3$$

(ii) শীতল ও বিশেষ গাঢ়তার HNO_3, N_2O উৎপন্ন করে—

$$4Zn+10HNO_3=4Zn(NO_3)_2+5H_2O+N_2O$$

(iii) শীতল ও অল্প-গাঢ় HNO_3, NO উৎপন্ন করে—

$$3Zn+8HNO_3=3Zn(NO_3)_2+4H_2O+2NO$$

(iv) গাঢ় HNO_3, N_2O_4 উৎপন্ন করে—

$$Zn+4HNO_3=Zn(NO_3)_2+4H_2O+N_2O_4$$

মার্কারি

(i) উত্তপ্ত গাঢ়-HNO_3 মার্কিউরিক নাইট্রেট, NO ও NO_2 উৎপন্ন করে—

$$2Hg+6HNO_3=2Hg(NO_3)_2+NO+NO_2+3H_2O$$

(ii) শীতল ও লঘু HNO_3, মার্কিউরাস নাইট্রেট ও NO উৎপন্ন করে—

$$6Hg+8HNO_3=3Hg_2(NO_3)_2+2NO+4H_2O$$

লৌহ

(i) শীতল ও লঘু HNO_3 ফেরাস নাইট্রেট ও NH_4NO_3 উৎপন্ন করে—

$$4Fe+10HNO_3=4Fe(NO_3)_2+3H_2O+NH_4NO_3$$

(ii) গাঢ় HNO_3 ফেরিক নাইট্রেট ও NO_2 উৎপন্ন করে—

$$Fe+6HNO_3=Fe(NO_3)_3+3H_2O+3NO_2$$

(iii) অতি গাঢ় HNO_3-এর সহিত Fe-এর কোন বিক্রিয়া ঘটে না ; উহা নিষ্ক্রিয় (Passive) হইয়া যায়।

ম্যাগনেসিয়ম ও ম্যাংগানিজ

ম্যাগনেসিয়ম ও ম্যাংগানিজ ধাতু নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায়, কেবলমাত্র ধাতব নাইট্রেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে।

$$Mg+2HNO_3=Mg(NO_3)_2+H_2$$

(গ) বহু জৈব ও অজৈব যৌগিক, নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে জারিত হয়। এইরূপে, লেড সালফাইড—লেড সালফেটে, FeS—$FeSO_4$ ও পরে $Fe_2(SO_4)_3$-এ, HCl—ক্লোরিনে, ও KI—আয়োডিনে জারিত হয়—

$$2HNO_3+6FeSO_4+3H_2SO_4=3Fe_2(SO_4)_3+2NO+4H_2O$$

$$[6\overset{2+}{Fe}+2N\overset{-}{O_3}+8\overset{+}{H}\rightarrow 6\overset{3+}{Fe}+2NO+4H_2O]$$

$$6KI+8HNO_3=3I_2+6KNO_3+2NO+4H_2O$$

$$[2I^-+2NO_3^-+4H^+\rightarrow I_2+2NO_2+2H_2O]$$

$$3H_2S+2HNO_3=3S+4H_2O+2NO$$

$$[S^{2-}+2NO_3^-+4H^+\rightarrow S+2NO_2+2H_2O]$$

$$SO_2+2HNO_3=H_2SO_4+2NO_2$$

গাঢ় HCl ও গাঢ় HNO_3 অ্যাসিডকে উহাদের তুল্যাঙ্কের 3 : 1 অনুপাতে মিশাইলে যে মিশ্রণ পাওয়া যায়, তাহাকে অম্লরাজ বা অ্যাকোয়া রিজিয়া (aqua regia) বলে। সোনা, প্লাটিনাম প্রভৃতি বরধাতু এই অ্যাসিড মিশ্রণে দ্রবীভূত হয়। সেইজন্য ইহার এই নাম। বস্তুতঃ HCl অ্যাসিড HNO_3 দ্বারা জারিত হইয়া ক্লোরিন উৎপন্ন করে।

$$3HCl+HNO_3=NOCl+2H_2O+Cl_2$$

$$Au+4HCl+HNO_3=HAuCl_4+2H_2O+NO$$

কাঠের গুঁড়া, তার্পিন তৈল প্রভৃতি গাঢ় HNO_3-এর সান্নিধ্যে তীব্র জারণ ক্রিয়ায় জলিয়া উঠে। অনেক জৈব যৌগ HNO_3-এর সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রোযৌগ গঠন করে। যেমন বেঞ্জিনের সহিত বিক্রিয়া করিয়া (গাঢ় H_2SO_4-এর উপস্থিতিতে) HNO_3 নাইট্রোবেঞ্জিন উৎপন্ন করে।

$$C_6H_6+HNO_3=C_6H_5NO_2+H_2O\text{।}$$

নাইট্রিক অ্যাসিডের নিরীক্ষা :

(১) নাইট্রিক অ্যাসিড নীল লিটমাসকে লাল করে।

(২) ইহা ইন্‌ডিগোকে (Indigo) বর্ণহীন করে।

(৩) ইহা কপার-কুচির সহিত বাদামী বর্ণের গ্যাস উৎপন্ন করে।

বলয় পরীক্ষা (Ring test) : একটি পরীক্ষা নলে এক-ফোঁটা HNO_3 লইয়া উহা জলে পূর্ণ করা হইল। এইরূপে যে HNO_3 পাওয়া গেল উহার 2—3 সি. সি. পরিমাণ টেষ্ট-টিউবে লইয়া উহার সহিত সমপরিমাণ গাঢ় H_2SO_4 মিশ্রিত করা হইল এবং মিশ্রণটিকে শীতল করিয়া উহার সহিত অতিরিক্ত মাত্রায়

সদ্যপ্রস্তুত ফেরাস সালফেট দ্রবণ সতর্কভাবে অতি ধীরে যোগ করা হইল। ফেরাস সালফেট ও মিশ্র দ্রবণটির সংযোগ স্থলে একটি বাদামী বর্ণের বলয় উৎপন্ন হয়



চিত্র, ৩৭—বলয় পরীক্ষা

(চিত্র ৩৭)। HNO_3-এর পরিবর্তে নাইট্রেট লবণের দ্রবণ লইয়াও পূর্বোক্ত নিরীক্ষাটি করা যায়। এই নিরীক্ষাটি অ্যাসিড ও নাইট্রেট লবণের একটি নিশ্চিত নিরীক্ষা।

এই নিরীক্ষায় HNO_3 প্রথমতঃ $FeSO_4$ দ্বারা বিজারিত হইয়া NO উৎপন্ন করে; পরে এই NO, $FeSO_4$ দ্রবণে দ্রবীভূত হইয়া একটি বাদামী-বর্ণের যুত যৌগিক উৎপন্ন করে ও উহাই বলয়টির সৃষ্টি করে।

$$2HNO_3+6FeSO_4+3H_2SO_4=3Fe_2(SO_4)_3+2NO+4H_2O$$

$$FeSO_4+NO=[FeSO_4NO]$$

ব্রুসিন জৈব যৌগিকটি নাইট্রিক অ্যাসিড সহযোগে লাল রঙ ধারণ করে।

নাইট্রিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন, নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের অস্তিত্ব প্রমাণ ঃ

(১) **হাইড্রোজেন ঃ** শীতল ও অতি লঘু HNO_3 একটি উল্ফ বোতলে লইয়া তাহাতে একটুকরা ম্যাগনেসিয়াম দিলে একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাসে জলন্ত কাঠি ধরিলে গ্যাসটি নীলাভ শিখাসহ জলে; কাঠিটি নিভিয়া যায়। এই গ্যাসকে অক্সিজেনে পোড়াইলে জল গঠন করে। এই গ্যাসটি **হাইড্রোজেন**।

(২) **নাইট্রোজেন ঃ** একটি দাহনলে কপার কুচি উত্তপ্ত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড বাষ্প পরিচালিত করিলে যে গ্যাস পাওয়া যায়, তাহা বর্ণহীন, গন্ধহীন; তাহাতে জলন্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে কাঠিটি নিভিয়া যায়, গ্যাসটিও জলে না। গ্যাসটি উত্তপ্ত ম্যাগনেশিয়াম দ্বারা শোষিত হয়। সুতরাং গ্যাসটি **নাইট্রোজেন**।

(৩) **অক্সিজেন ঃ** একটি ফ্লাস্কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর গাঢ় HNO_3 ফোটা ফোটা করিয়া ফেলিলে বাদামী বর্ণের গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাসকে হিম মিশ্রে নিমজ্জিত U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিবার পর U-নলের অপর মুখ দিয়া যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে, তাহা বর্ণহীন, গন্ধহীন। এই গ্যাসে শিখাহীন দীপ্ত পাটকাঠি প্রবেশ করাইলে কাঠিটি উজ্জ্বল ভাবে জলে; এই গ্যাস বর্ণহীন NO

গ্যাসের সহিত বাদামী বর্ণ ধারণ করে এবং ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্রবণে শোষিত হয়। অতএব এই গ্যাস অক্সিজেন।

নাইট্রিক অ্যাসিডের ব্যবহার ঃ নাইট্রিক অ্যাসিড ধাতুকে দ্রবীভূত করিতে ও ধাতু খোদাইয়ের কার্যে ব্যবহৃত হয়। নাইট্রেট লবণ উৎপাদন, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন, বিস্ফোরক উৎপাদন ; যথা, গান-কটন (gun cotton), পিক্রিক অ্যাসিড (picric acid), ডিনামাইট (dynamite) ইত্যাদি প্রস্তুতিতে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার হয়। সেলুলয়েড ও নানা জৈব যৌগিক উৎপাদনে নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহার হয়। কয়েকটি বিদ্যুৎ-কোষে ও ঔষধাদিতেও নাইট্রিক অ্যাসিড ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

ফসফরাস অ্যাসিড ; H_3PO_3

শীতল জলে ফসফরাস ট্রাইঅক্সাইডকে দ্রবীভূত করিলে ফসফরাস অ্যাসিড তৈয়ারী হয়। শীতল জলে ফসফরাস ট্রাই-ক্লোরাইডের আর্দ্র-বিশ্লেষণের ফলেও ফসফরাস অ্যাসিড প্রস্তুত করা যায়, $PCl_3+3H_2O=H_3PO_3+3HCl$, দ্রবণটিকে 180°C তাপমাত্রায় উত্তপ্ত করিলে HCl সম্পূর্ণ উড়িয়া যায় ; অতঃপর দ্রবণটিকে গাঢ় করিয়া ঠাণ্ডা করিলে ফসফরাস অ্যাসিড স্ফটিকাকারে পৃথক হইয়া আসে।

ফসফরাস অ্যাসিড সাদা, উদ্‌গ্রাহী স্ফটিকাকার পদার্থ। ইহা 74°C-এ গলিয়া যায় এবং 200°C-এ ফসফিন ও ফসফরিক অ্যাসিডে বিয়োজিত হইয়া যায় :

$$4H_3PO_3=PH_3+3H_3PO_4$$

ফসফরাস অ্যাসিডের অণুতে তিনটি হাইড্রোজেন পরমাণু-বর্তমান ; কিন্তু মাত্র দুইটি প্রতিস্থাপনীয়। অতএব ইহা একটি দ্বিক্ষারীয় অ্যাসিড এবং দুই শ্রেণীর লবণ গঠন করে ; যেমন, NaH_2PO_3 ও Na_2HPO_3 ; কিন্তু স্বাভাবিক এষ্টার তৈয়ার করা যায়।

ফসফরাস অ্যাসিডের বিজারণ ক্ষমতা সমধিক। গোল্ড, সিলভার, কপার প্রভৃতিকে উহাদের লবণের জলীয় দ্রবণ হইতে অধঃক্ষিপ্ত করে। মারকিউরিক ক্লোরাইডকে মারকিউরাস ক্লোরাইড, SO_2-কে S-এ বিজারিত করে।

$$SO_2+2H_3PO_3=S+2H_3PO_4 ;$$

$$H_3PO_3+2AgNO_3+H_2O=H_3PO_4+2Ag+2HNO_3$$

$$H_3PO_3+2HgCl_2+H_2O=H_3PO_4+Hg_2Cl_2+2HCl$$

ফসফরাস অ্যাসিড অক্সিজেন দ্বারা জারিত হয়, $2H_3PO_3+O_2=2H_3PO_4$ আয়োডিন ও পারম্যাঙ্গানেট দ্রবণ উহাকে জারিত করে।

ফসফোরিক বা অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড ; H_3PO_4

ফসফোরাসের সর্বাধিক গুরুত্বপূর্ণ অ্যাসিড—অর্থোফসফোরিক অ্যাসিড। সাধারণভাবে ইহাকে ফসফোরিক অ্যাসিড বলা হয়।

১। অস্থিভস্মের সহিত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম সালফেট অধঃক্ষেপরূপে এবং ফসফোরিক অ্যাসিড দ্রবণে উৎপন্ন হয় ;

$$Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2SO_4 = 3CaSO_4 + 2H_3PO_4$$

অদ্রাব্য ক্যালসিয়ম সালফেট পরিস্রাবণ সাহায্যে পৃথক করিয়া পরিস্রৎ-দ্রবণকে ঘনীভূত করিলে ফসফোরিক অ্যাসিড পাওয়া যায়।

২। ফুটন্ত জল ও P_2O_5-এর বিক্রিয়ায় ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়—

$$P_2O_5 + 3H_2O = 2H_3PO_4$$

৩। লোহিত ফসফোরাসকে অর্ধ-গাঢ় নাইট্রিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করাইলে, বিশুদ্ধ ফসফোরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়—

$$4P + 10HNO_3 + H_2O = 4H_3PO_4 + 5NO_2 + 5NO$$

বিশুদ্ধ ফসফোরিক অ্যাসিড বর্ণহীন, কেলাসিত, উদ্‌গ্রাহী কঠিন পদার্থ। 42° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় ইহা গলিয়া তৈলের ন্যায় ঘন একটি তরল পদার্থে পরিণত হয়। উহা জলে অত্যন্ত দ্রাব্য। H_3PO_4 কে উত্তপ্ত করিতে থাকিলে অ্যাসিড অণু হইতে জল ধীরে ধীরে নিষ্ক্রান্ত হইয়া গিয়া ফসফরাসের বিভিন্ন অ্যাসিডে পরিণত হয়। 250° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে দুটি H_3PO_4 অণু হইতে এক অণু জল নিষ্ক্রান্ত হইয়া ইহা পাইরো-ফসফরিক অ্যাসিড (Pyro phosphoric acid, $H_4P_2O_7$) উৎপন্ন করে এবং 316° সেন্টিগ্রেডের অধিক উষ্ণতায় পাইরোফস-ফিরক অ্যাসিড হইতে এক অণু জল বাহির হইয়া মেটাফসফরিক অ্যাসিড (Meta-phosphoric acid) নামে অপর একটি অ্যাসিড উৎপন্ন করে।

$$2H_3PO_4 = H_4P_2O_7 + H_2O \;;\quad H_3PO_4 = HPO_3 + H_2O$$

$$H_3PO_4 \xrightarrow[-H_2O]{250^\circ} H_4P_2O_7 \xrightarrow[-H_2O]{316^\circ} HPO_3$$

এইসব বিক্রিয়া প্রায়ই উভয়মুখী অর্থাৎ জলের সহযোগে পূর্বের অ্যাসিড সৃষ্টি হইয়া থাকে।

ফসফরিক অ্যাসিড একটি মৃদু ত্রিক্ষারীয় অম্ল। ক্ষার দ্রবণের সহিত বিক্রিয়ায় তিন শ্রেণীর ফসফেট লবণ উৎপন্ন করে যথা, NaH_2PO_4, Na_2HPO_4, Na_3PO_4। একটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইলে **প্রাইমারী**, দুইটি হাইড্রোজেন

প্রতিস্থাপিত হইলে **সেকেণ্ডারী** এবং তিনটি হাইড্রোজেন প্রতিস্থাপিত হইলে **টারসিয়ারী** ফসফেট গঠিত হয়।

প্রাইমারী ফসফেট ; Na_2HPO_4 ; সোডিয়াম ডাই-হাইড্রোজেন ফসফেট

$Ca(H_2PO_4)_2$; প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফসফেট

সেকেণ্ডারী ফসফেট ; Na_2HPO_4 ; ডাই-সোডিয়াম হাইড্রোজেন ফসফেট

$CaHPO_4$; সেকেণ্ডারী ক্যালসিয়াম ফসফেট

টার্যসিয়ারী ফসফেট ; Na_3PO_4 ; ট্রাই-সেডিয়াম ফসফেট

$Ca_3(PO_4)_2$ ক্যালসিয়াম ফসফেট ইত্যাদি

এই লবণগুলি জলীয় দ্রবণে আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া যায় ; প্রাইমারী ফসফেট অম্লধর্মী, ট্রারসিয়ারী ফসফেট ক্ষারধর্মী ও সেকেণ্ডারী ফসফেট প্রায় প্রশম অবস্থায় থাকে।

ফসফরিক অ্যাসিড ও উহার লবণগুলি আয়রন প্রভৃতি ধাতুর লবণগুলির সহিত জটিল যৌগ উৎপন্ন করে ; সে কারণে পরীক্ষাগারে বিশেষ বিশেষ পরীক্ষায় উহা ব্যবহৃত হয়।

ফসফরিক অ্যাসিডের পরীক্ষা :

(১) **শুষ্ক পরীক্ষা :** কোন ফসফেট লবণকে চারকোলের উপর লইয়া কোবাল্ট নাইট্রেট সহ ফুঁক-নলে বার্ণারের শিখায় উত্তপ্ত করিলে উহা (গলিয়া) গাঢ় নীল রঙের পদার্থে পরিণত হয়।

(২) **সিক্ত পরীক্ষা :** ফসফরিক অ্যাসিড বা ফসফেট লবণকে গাঢ় HNO_3 ও অ্যামোনিয়াম মলিবডেট দ্রবণসহ সামান্য গরম করিলে একটি চমৎকার সবুজাভ হলুদ বর্ণের (Canary yellow) অধঃক্ষেপ [অ্যামোনিয়াম ফসফোমলিবডেট] পাওয়া যায়।

সালফিউরাস অ্যাসিড ; H_2SO_3

সালফিউরাস অ্যাসিডকে বিশুদ্ধ অবস্থায় পাওয়া যায় না ; ইহাকে জলীয় দ্রবণে পাওয়া যায় ; তবে ইহার বিভিন্ন লবণ বিশুদ্ধ অবস্থায় কঠিন স্ফটিকাকারে পাওয়া যায়।

সালফার ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে জলে দ্রবীভূত করিলেই সালফিউরাস অ্যাসিডের দ্রবণ গঠিত হয়।

সালফিউরাস অ্যাসিড একটি দ্বি-ক্ষারীয় অ্যাসিড ; সুতরাং ইহা দুই শ্রেণীর লবণ, সালফাইট শমিত লবণ ও বাইসালফাইট অম্ললবণ, প্রস্তুত করে। ইহা নীল লিটমাসকে লাল করিয়া দেয়।

$NaOH + H_2SO_4 = H_2O + NaHSO_4$ (অম্ললবণ)

$2NaOH + H_2SO_4 = 2H_2O + Na_2SO_4$ (শমিত লবণ)

ইহা ছাড়াও সালফিউরাস অ্যাসিড মেটা-বাই সালফাইট লবণ উৎপন্ন করে সাধারণ তাপমাত্রায় কষ্টিক সোডার দ্রবণে অতিরিক্ত পরিমাণে SO_2 গ্যাস পরিচালিত করিলে সোডিয়াম মেটা-বাই সালফাইট $Na_2S_2O_5$ লবণ অধঃক্ষিপ্ত হয় : $2NaOH + 2SO_2 = Na_2S_2O_5 + H_2O$

সালফিউরাস অ্যাসিডের অন্যান্য যাবতীয় ধর্ম আসলে সালফার-ডাই অক্সাইডের মত; কাজেই উহার ধর্মের আলোচনা SO_2-র আলোচনা কালেই করা হইয়াছে।

সালফিউরিক অ্যাসিড

সংকেত ; H_2SO_4 আণবিক ভার ; 98

কেবলমাত্র সালফারের অ্যাসিডগুলির মধ্যেই নয়, সকল অ্যাসিডের মধ্যেই সালফিউরিক অ্যাসিড বা গন্ধকাম্ল একটি বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ অ্যাসিড। সালফিউরিক অ্যাসিড পৃথিবীর সকল শিল্পোন্নত দেশেই একটি অপরিহার্য শিল্প উপাদানরূপে প্রচুর পরিমাণে প্রস্তুত ও ব্যবহৃত হইয়া থাকে; কোনো সভ্যদেশের শিল্পোন্নতির মান সালফিউরিক অ্যাসিডের উৎপাদন ও ব্যবহারের আনুপাতিক বলা যায়।

পূর্বকথা : প্রাচীন অ্যালেকেমি-যুগেও সালফিউরিক অ্যাসিডের উৎপাদন ও প্রয়োগ জানা ছিল। সে যুগে সাধারণতঃ হীরাকস (green vitriol, $FeSO_4$) পাতন করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা হইত। গাঢ় সালফিউরিক-অ্যাসিড তৈলের ন্যায় ঘন বলিয়া উহাকে অয়েল অফ্ ভিট্রিয়ল (oil of vitriol বলা হইত।

1675 খৃষ্টাব্দে **লেমেরি** গন্ধক ও সোরার মিশ্রকে জলপূর্ণ পাত্রের মধ্যে **দহন** করিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করেন। লেমেরির প্রণালীই সংশোধিত রূপে বর্তমানে সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

$$2FeSO_3 = Fe_2O_3 + SO_2 + SO_3$$

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

অ্যাসিডরূপে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রকৃতিতে কদাচিৎ দেখিতে পাওয়া যায়। সালফিউরিক অ্যাসিডের লবণ যথা সালফেটসমূহ প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে বিদ্যমান আছে।

সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি :

1. সালফার ডায়কসাইড ও হাইড্রোজেন পার-অক্সাইডের প্রত্যক্ষ-সংযোগ বিক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইয়া থাকে :

$$SO_2 + H_2O_2 = H_2SO_4$$

2. সালফার ডায়কসাইডের জলীয় দ্রবণ বা সালফিউরাস অ্যাসিড বায়ু সন্নিধ্যে মৃদু স্বতঃজারণ প্রক্রিয়ায় সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$$2SO_2 + 2H_2O + O_2 = 2H_2SO_4$$

3. সালফার ট্রায়কসাইড জলে দ্রবীভূত হইলে, সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয় :

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_4$$

পরীক্ষাগারে প্রস্তুতি :

মূলসূত্র :

সালফার ডায়কসাইড, বায়ু, জলীয় বাষ্প বা ষ্টীম এবং নাইট্রোজেন ডায়কসাইড একত্রে কোনো পাত্রে বা প্রকোষ্ঠে মিশ্রিত করিলে কতকগুলি বিক্রিয়া ঘটিয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। বিক্রিয়াটি কয়েকটি স্তরে ঘটে। প্রথমতঃ সালফার ডায়কসাইড, নাইট্রোজেন ডায়কসাইড সহযোগে জারিত হইয়া সালফার ট্রায়কসাইডে পরিণত হয় : $SO_2 + NO_2 = SO_3 + NO$

পরে উৎপন্ন সালফার ট্রায়কসাইড, জলীয় বাষ্প বা ষ্টীম সহযোগে সালফিউরিক অ্যাসিডে পরিণত হয় এবং নাইট্রিক অক্সাইড বায়ু সহযোগে পুনরায় নাইট্রোজেন ডায়কসাইডে পরিণত হয় : $SO_3 + H_2O = H_2SO_4$; $2N + O_2 = 2NO_2$

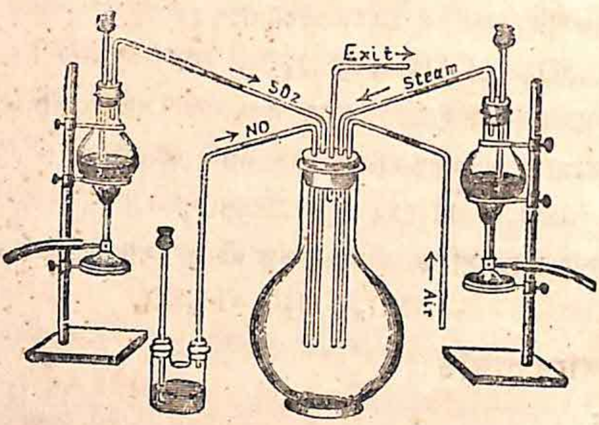
উৎপন্ন নাইট্রোজেন ডায়কসাইড পুনরায় সালফার ডায়কসাইডকে জারিত করে ও বিক্রিয়াটি ক্রমান্বয়ে চলে। নাইট্রোজেন ডায়কসাইড অন্তবর্তীকালে নাইট্রিক অক্সাইডে রূপান্তরিত হইলেও ইহা বিক্রিয়ার পূর্বে ও পরে একই অবস্থায় থাকে এবং প্রকৃতপক্ষে ইহার ভূমিকা অক্সিজেন-সংবাহকের ভূমিকা-মাত্র। প্রকৃতপক্ষে বায়ুর অক্সিজেন, নাইট্রোজেন ডায়কসাইড-মাধ্যমে সালফার-ডায়কসাইডকে সালফার ট্রাই-অক্সাইডে জারিত করে।

পরীক্ষাগার-প্রণালী :

উপরোক্ত মূলসূত্রটির ব্যবহারিক প্রয়োগ করিয়া পরীক্ষাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করা যায়।

একটি বৃহৎ-ফ্লাস্কের মুখে রবার ছিপি দ্বারা বন্ধ করিয়া ছিপির মধ্য দিয়া পাঁচটি নির্গম-নল যুক্ত করা হইল। প্রথম নলটির মধ্য দিয়া বায়ু প্রবেশ করান হইল।

কপার কুচি ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্র একটি ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন SO_2—দ্বিতীয় নলপথে চালনা করা হইল। কপার-কুচি ও অল্প গাঢ় HNO_3-এর মিশ্র



চিত্র, ৩৮—পরীক্ষাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড প্রস্তুতি

উল্‌ফ বোতলে লইয়া, উৎপন্ন NO—তৃতীয় নলপথে চালনা করা হইল। একটি ফ্লাস্কে জল উত্তপ্ত করিয়া উৎপন্ন ষ্টীমকে চতুর্থ নলপথে চালনা করা হইল। পঞ্চম নলটি ফ্লাস্কে প্রবিষ্ট বিভিন্ন গ্যাসের নির্গম-নলরূপে রাখা হইল। (চিত্র ৩৮)

ফ্লাস্কের মধ্যে গ্যাসগুলি প্রবিষ্ট করাইয়া কিছুক্ষণ বিক্রিয়ার পর দেখা যায় ফ্লাস্কের গায়ে বিন্দু বিন্দু তৈলের ন্যায় ঘন সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হইয়াছে।

বিক্রিয়াটিতে ষ্টীমের মাত্রা কম হইলে, অনেকক্ষেত্রে ফ্লাস্কের গায়ে সাদা কঠিন একপ্রকার কেলাস উৎপন্ন হইয়া থাকে। এই কেলাসগুলিকে **প্রকোষ্ঠ কেলাস** (chamber crystals) বলা হয়—

$2SO_2+H_2O+NO+NO_2=2SO_2(OH)NO_2$ (প্রকোষ্ঠ কেলাস)

ষ্টীমের মাত্রা অধিক হইলেই কেলাসগুলি দ্রবীভূত হইয়া সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদন করে—

$$2SO_2(OH)NO_2+H_2O=2H_2SO_4+N_2O_3$$

সালফিউরিক আসিডের ধর্ম : ভৌত ধর্ম :

বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড বর্ণহীন, গন্ধহীন তৈলের ন্যায় ঘন পদার্থ। ইহার গুরুত্ব 84, গলনাংক $-105°C$ এবং স্ফুটনাংক $338°C$.। অতি বিশুদ্ধ সালফিউরিক অ্যাসিড তড়িৎ অপরিবাহী কিন্তু জলীয় দ্রবণে ইহা তড়িৎ-সুপরিবাহী।

সালফিউরিক অ্যাসিড একটি শক্তিশালী জলাকর্ষী পদার্থ ও জলের সহিত যে কোনো মাত্রায় দ্রবণীয়। সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত জল যোগ করিয়া লঘুকরণ কালে প্রচুর উত্তাপ উৎপন্ন হয় এবং সে কারণে সালফিউরিক অ্যাসিডের লঘুকরণে অতিমাত্রায় জলের সহিত ধীরে ধীরে অ্যাসিড় যোগ করিয়া লঘুকরণ করা হয়। অ্যাসিডের সহিত জল যোগ করিয়া লঘুকরণ বিপজ্জনক।

সালফিউরিক অ্যাসিডের সংস্পর্শে জৈব কোষ বিনষ্ট হইয়া যায় বলিয়া ইহা বিষাক্ত ক্ষত ও দাহ উৎপন্ন করে।

রাসায়নিক ধর্ম :

(১) সালফিউরিক অ্যাসিডের জলের উপর আসক্তি অত্যধিক ; আর্দ্র বায়ু ও আর্দ্র পদার্থ হইতে ইহা সহজেই জল শোষণ করে বলিয়া বিভিন্ন পদার্থের শুষ্কীকরণে ও শোষকাধারে ইহা প্রভূত ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন যুক্ত পদার্থের অণু হইতেও সালফিউরিক অ্যাসিড হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনকে জলরূপে আকর্ষণ ও শোষণ করিয়া পদার্থটিকে বিশ্লিষ্ট করিয়া থাকে। এইরূপে, নানা জৈবপদার্থ, যথা—স্টার্চ, $(C_6H_{10}O_5)_4$ শর্করা, $C_{12}H_{22}O_{11}$, অক্সালিক অ্যাসিড $C_2H_2O_4$, ফর্মিক অ্যাসিড $HCOOH$, অ্যালকোহল C_6H_5OH প্রভৃতি গাঢ় H_2SO_4 দ্বারা বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে—

$$(C_6H_{10}O_5)n + H_2SO_4 = 6nC + (5nH_2O + H_2SO_4)$$
$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2SO_4 = 12C + (11H_2O + H_2SO_4)$$
$$C_2H_2O_4 + H_2SO_4 = CO_2 + CO + (H_2O + H_2SO_4)$$
$$H.COOH + H_2SO_4 = CO + (H_2O + H_2SO_4)$$
$$C_2H_5OH + H_2SO_4 = C_2H_4 + (H_2O + H_2SO_4)$$

(২) সালফিউরিক অ্যাসিড জলের সহিত দ্রবণকালে প্রচুর তাপ উৎপন্ন হয় ও H_2SO_4, H_2O ; $H_2SO_4, 2H_2O$; $H_2SO_4, 4H_2O$ প্রভৃতি সোদকগুলি উৎপন্ন হয়।

(৩) সালফিউরিক অ্যাসিড উত্তাপে সালফার ট্রায়কসাইড ও ষ্টীমে এবং অধিক উত্তাপে সালফার ডায়কসাইড, অক্সিজেন ও ষ্টীমে বিয়োজিত হয়—

$$H_2SO_4 = SO_3 + H_2O, \quad 2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$$

(৪) সালফিউরিক অ্যাসিড একটি দ্বি-ক্ষারীয় অম্ল ও জলীয় দ্রবণে দুইটি স্তরে আয়নে বিয়োজিত হয় ; যথা— $H_2SO_4 = H^+ + HSO_4^- + HSO_4^-$

$$HSO_4^- = H^+ + SO_4^{--}$$

অম্লরূপে সালফিউরিক অ্যাসিড ক্ষার, ক্ষারক ও ধাতুর সহিত সালফেট (SO_4^{--}) ও বাই সালফেট (HSO_4^-) লবণ উৎপন্ন করে।

$$Na^+OH^- + (H^+)_2SO_4^{2-} \rightarrow NaHSO_4 + H_2O$$
$$2Na^+OH^- + (H^+)_2SO_4^{2-} \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$$

(৫) সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত ধাতুর বিক্রিয়া ধাতুর প্রকৃতি ও সালফিউরিক অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব অনুযায়ী নির্ধারিত হয়।

লঘু H_2SO_4, Pb, Bi, Sb, Hg, Cu ও অভিজাত বা বর ধাতু (Pt, Au ইত্যাদি) ব্যতীত সকল ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় ধাতব সালফেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে—

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2 \; ; \quad Zn + 2H^+ \xrightarrow{2e} Zn^{2+} + H_2$$

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

গাঢ় ও উত্তপ্ত H_2SO_4 একটি উত্তম জারক এবং ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিভিন্ন ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় সাধারণতঃ ধাতব সালফেট, SO_2 ও জল উৎপন্ন করে—

$$Zn \text{ (বা Cu)} \rightarrow Zn^{2+} \text{ (বা } Cu^{2+}) + 2e \; ;$$

$$2H_2SO_4 + 2e \rightarrow SO_4{}^{2-} + 2H_2O + SO_2$$

$$Cu + 2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + SO_2 + 2H_2O \; ;$$

গাঢ় ও শীতল H_2SO_4, Na, K ও Mg-এর সহিত বিক্রিয়া করে ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে কিন্তু অন্যান্য ধাতুর সহিত কার্যতঃ কোনো বিক্রিয়া হয় না।

(৬) সালফিউরিক অ্যাসিড অনুদ্বায়ী বলিয়া বিভিন্ন ধাতব লবণের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা উদ্বায়ী অ্যাসিডকে বিমুক্ত করে—

$$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl \; ; \quad H_2SO_4 + Cl^- \rightarrow HCl + HSO_4{}^-$$

$$KNO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HNO_3 \; ; \quad H_2SO_4 + NO_3{}^- \rightarrow HNO_3 + HSO_4{}^- \; ;$$

(৭) ইহা কার্বনেট লবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া CO_2 উৎপাদন করে—

$$Na_2CO_3 + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O + CO_2 \; ;$$

$$CO_3{}^{2-} + 2H^+ \rightarrow H_2O + CO_2 \; ;$$

(৮) গাঢ় ও উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড একটি উত্তম জারক পদার্থ এবং বহু পদার্থ, ধাতু, ধাতব লবণ প্রভৃতি গাঢ় ও উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় জারিত হয়—$S + 2H_2SO_4 = 3SO_2 + 2H_2O$

$$C + 2H_2SO = 2SO_2 + CO_2 + 2H_2O$$

$$2P + 4H_2SO_4 = H_3PO_3 + H_3PO_4 + H_2O + 4SO_2$$

$$2KBr + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + Br_2 + SO_2 + 2H_2O$$

$$2KI + 3H_2SO_4 = 2KHSO_4 + I_2 + SO_2 + 2H_2O$$

গাঢ় ও উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বিভিন্ন ধাতু যে SO_2 ও ধাতব সালফেট উৎপন্ন করে উহাও H_2SO_4-এর জারণ ধর্মের প্রমাণ।

অনেক জৈব যৌগের সহিত সালফনেট—SO_3H মূলক যুক্ত করিতে গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহৃত হয়—$C_6H_6 + H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5SO_3H + H_2O$

বেঞ্জিন সালফনিক অ্যাসিড

সালফিউরিক অ্যাসিডের নিরীক্ষা :

(1) H_2SO_4 একটি বর্ণহীন, তীব্র অম্ল; ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে।
(2) উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4, Cu-এর সহিত বিক্রিয়ায় কটুগন্ধী SO_2 উৎপন্ন করে।
(3) H_2SO_4-এর জলীয় দ্রবণ বেরিয়ম ক্লোরাইডের ($BaCl_2$) সহিত অদ্রাব্য সালফেট অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে। বেরিয়াম সালফেট সমস্ত অ্যাসিডে অদ্রাব্য।

সালফিউরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও সালফারের অস্তিত্ব প্রমাণ :

(১) **হাইড্রোজেন :** একটি উলফ্ বোতলে সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া উহাতে কয়েকটুকুরা জিঙ্ক দিলে একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাসে জলন্ত কাঠি ধরিলে কাঠিটি নিভিয়া যায়; গ্যাসটি নীলাভ শিখা সহ জ্বলে। অক্সিজেনে পোড়াইলে এই গ্যাসটি জল উৎপন্ন করে। অতএব গ্যাসটি হাইড্রোজেন।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

(২) **অক্সিজেন :** একটি ফ্লাস্কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর গাঢ় H_2SO_4 ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিলে যে গ্যাস নিক্রান্ত হয়, তাহা হিমমিশ্রে নিমজ্জিত U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিবার পর U-নলের অপর মুখ দিয়া যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে, তাহা বর্ণহীন, গন্ধহীন। এই গ্যাসে শিখাহীন দীপ্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে কাঠিটি দপ্ করিয়া উজল ভাবে জ্বলে; এই গ্যাস বর্ণহীন NO-র সহিত বাদামী বর্ণ ধারণ করে; উহা ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্বারা শোষিত হয়। অতএব গ্যাসটি অক্সিজেন।

$$2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$$

(৩) **সালফার :** গাঢ় H_2SO_4 ও তামার কুচি একটি ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করিলে একটি বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাসকে জলে দ্রবীভূত করিয়া উহার জলীয় দ্রবণ একটি আবদ্ধ নলে লইয়া 150°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে দ্রবণ হইতে হাল্কা হলুদ বর্ণের একটি কঠিন পদার্থ অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই কঠিন পদার্থ জলে অদ্রাব্য; কার্বন ডাইসালফাইডে দ্রাব্য; ইহাকে বাতাসে পোড়াইলে পোড়া সালফারের গন্ধবিশিষ্ট শ্বাসরোধী, ঝাঁঝালো গ্যাস উৎপন্ন হয়; এই গ্যাস অম্লীকৃত কমলা রং-এর $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ-সিক্ত কাগজকে সবুজ করে। অতএব এই হলুদ কঠিন পদার্থটি সালফার; কাজেই ইহা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে H_2SO_4-এ সালফার আছে।

$$H_2SO_4 + Cu = CuSO_4 + SO_2 + H_2O\ ;\ SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

$$3H_2SO_3 = H_2O + 2H_2SO_4 + S\downarrow$$

লঘু H_2SO_4, Pb, Bi, Sb, Hg, Cu ও অভিজাত বা বর ধাতু (Pt, Au ইত্যাদি) ব্যতীত সকল ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় ধাতব সালফেট ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে—

$$Zn+H_2SO_4=ZnSO_4+H_2\ ;\quad Zn+2H^+ \xrightarrow{2e} Zn^{2+}+H_2$$

$$Fe+H_2SO_4=FeSO_4+H_2$$

গাঢ় ও উত্তপ্ত H_2SO_4 একটি উত্তম জারক এবং ইলেকট্রন গ্রহণ করিয়া বিভিন্ন ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় সাধারণতঃ ধাতব সালফেট, SO_2 ও জল উৎপন্ন করে—

$$Zn\ (\text{বা } Cu) \rightarrow Zn^{2+}\ (\text{বা } Cu^{2+})+2e\ ;$$

$$2H_2SO_4+2e \rightarrow SO_4{}^{2-}+2H_2O+SO_2$$

$$Cu+2H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4+SO_2+2H_2O\ ;$$

গাঢ় ও শীতল H_2SO_4, Na, K ও Mg-এর সহিত বিক্রিয়া করে ও হাইড্রোজেন উৎপন্ন করে কিন্তু অন্যান্য ধাতুর সহিত কার্যতঃ কোনো বিক্রিয়া হয় না।

(৬) সালফিউরিক অ্যাসিড অনুদ্বায়ী বলিয়া বিভিন্ন ধাতব লবণের সহিত বিক্রিয়ায় ইহা উদ্বায়ী অ্যাসিডকে বিমুক্ত করে—

$$NaCl+H_2SO_4=NaHSO_4+HCl\ ;\quad H_2SO_4+Cl^- \rightarrow HCl+HSO_4{}^-$$

$$KNO_3+H_2SO_4=KHSO_4+HNO_3\ ;\quad H_2SO_4+NO_3{}^- \rightarrow HNO_3+HSO_4{}^-\ ;$$

(৭) ইহা কার্বনেট লবণের সহিত বিক্রিয়া করিয়া CO_2 উৎপাদন করে—

$$Na_2CO_3+H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4+H_2O+CO_2\ ;$$

$$CO_3{}^{2-}+2H^+ \rightarrow H_2O+CO_2\ ;$$

(৮) গাঢ় ও উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিড একটি উত্তম জারক পদার্থ এবং বহু পদার্থ, ধাতু, ধাতব লবণ প্রভৃতি গাঢ় ও উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় জারিত হয়—$S+2H_2SO_4=3SO_2+2H_2O$

$$C+2H_2SO=2SO_2+CO_2+2H_2O$$

$$2P+4H_2SO_4=H_3PO_3+H_3PO_4+H_2O+4SO_2$$

$$2KBr+3H_2SO_4=2KHSO_4+Br_2+SO_2+2H_2O$$

$$2KI+3H_2SO_4=2KHSO_4+I_2+SO_2+2H_2O$$

গাঢ় ও উত্তপ্ত সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় বিভিন্ন ধাতু যে SO_2 ও ধাতব সালফেট উৎপন্ন করে উহাও H_2SO_4-এর জারণ ধর্মের প্রমাণ।

অনেক জৈব যৌগের সহিত সালফনেট—SO_3H মূলক যুক্ত করিতে গাঢ় H_2SO_4 ব্যবহৃত হয়—$C_6H_6+H_2SO_4 \rightarrow C_6H_5SO_3H+H_2O$

বেঞ্জিন সালফনিক অ্যাসিড

সালফিউরিক অ্যাসিডের নিরীক্ষা ঃ

(1) H_2SO_4 একটি বর্ণহীন, তীব্র অম্ল ; ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে।

(2) উত্তপ্ত গাঢ় H_2SO_4, Cu-এর সহিত বিক্রিয়ায় কটুগন্ধী SO_2 উৎপন্ন করে।

(3) H_2SO_4-এর জলীয় দ্রবণ বেরিয়ম ক্লোরাইডের ($BaCl_2$) সহিত অদ্রাব্য সালফেট অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে। বেরিয়াম সালফেট সমস্ত অ্যাসিডে অদ্রাব্য।

সালফিউরিক অ্যাসিডে হাইড্রোজেন, অক্সিজেন ও সালফারের অস্তিত্ব প্রমাণ ঃ

(১) **হাইড্রোজেন ঃ** একটি উলফ্ বোতলে সালফিউরিক অ্যাসিড লইয়া উহাতে কয়েকটুকুরা জিঙ্ক দিলে একটি বর্ণহীন, গন্ধহীন গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাসে জলন্ত কাঠি ধরিলে কাঠিটি নিভিয়া যায় ; গ্যাসটি নীলাভ শিখা সহ জলে। অক্সিজেনে পোড়াইলে এই গ্যাসটি জল উৎপন্ন করে। অতএব গ্যাসটি হাইড্রোজেন।

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

(২) **অক্সিজেন ঃ** একটি ফ্লাস্কে তীব্রভাবে উত্তপ্ত ঝামা পাথরের উপর গাঢ় H_2SO_4 ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিলে যে গ্যাস নিক্রান্ত হয়, তাহা হিমমিশ্রে নিমজ্জিত U-নলের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিবার পর U-নলের অপর মুখ দিয়া যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে, তাহা বর্ণহীন, গন্ধহীন। এই গ্যাসে শিখাহীন দীপ্ত কাঠি প্রবেশ করাইলে কাঠিটি দপ্ করিয়া উজল ভাবে জলে ; এই গ্যাস বর্ণহীন NO-র সহিত বাদামী বর্ণ ধারণ করে ; উহা ক্ষারীয় পাইরোগ্যালেট দ্বারা শোষিত হয়। অতএব গ্যাসটি অক্সিজেন।

$$2H_2SO_4 = 2H_2O + 2SO_2 + O_2$$

(৩) **সালফার ঃ** গাঢ় H_2SO_4 ও তামার কুচি একটি ফ্লাস্কে উত্তপ্ত করিলে একটি বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গ্যাস নির্গত হয়। এই গ্যাসকে জলে দ্রবীভূত করিয়া উহার জলীয় দ্রবণ একটি আবদ্ধ নলে লইয়া 150°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিলে দ্রবণ হইতে হাল্কা হলুদ বর্ণের একটি কঠিন পদার্থ অধঃক্ষিপ্ত হয়। এই কঠিন পদার্থ জলে অদ্রাব্য ; কার্বন ডাইসালফাইডে দ্রাব্য ; ইহাকে বাতাসে পোড়াইলে পোড়া সালফারের গন্ধবিশিষ্ট শ্বাসরোধী, ঝাঁঝালো গ্যাস উৎপন্ন হয় ; এই গ্যাস অম্লীকৃত কমলা রংএর $K_2Cr_2O_7$ দ্রবণ-সিক্ত কাগজকে সবুজ করে। অতএব এই হলুদ কঠিন পদার্থটি সালফার ; কাজেই ইহা দ্বারা প্রমাণিত হয় যে H_2SO_4-এ সালফার আছে।

$$H_2SO_4 + Cu = CuSO_4 + SO_2 + H_2O \; ; \; SO_2 + H_2O = H_2SO_3$$

$$3H_2SO_3 = H_2O + 2H_2SO_4 + S\downarrow$$

সালফিউরিক অ্যাসিডের ব্যবহার ঃ

সালফিউরিক অ্যাসিড বহু শিল্পে ও নানা কাজে ব্যবহৃত হয়। কয়েকটি প্রধান ব্যবহারের মধ্যে HCl, HNO_3 প্রভৃতি অ্যাসিডের উৎপাদন, সোডা, ফসফরাস, কৃত্রিম সার, সালফেট লবণ, বিস্ফোরক, রঞ্জক প্রভৃতির প্রস্তুতি, পেট্রোলিয়ম বিশোধন, ধাতুশিল্পে ব্যবহার, বিরঞ্জন শিল্পে ব্যবহার, বিদ্যুৎ কোষ নির্মাণ প্রভৃতি উল্লেখযোগ্য। পরীক্ষাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড একটি গুরুত্বপূর্ণ নিরীক্ষকরূপে, শোষক পদার্থরূপে ও বিভিন্ন গ্যাসের প্রস্তুতিতে (যথা—CO, C_2H_6, H_2 ইত্যাদি) ব্যবহৃত হয়।

অনুশীলনী

১। নাইট্রাস অ্যাসিড কিরূপে পাওয়া যায়? উহার প্রধান প্রধান ধর্মগুলি সংক্ষেপে আলোচনা কর।

২। চিত্রাঙ্কণসহ পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির প্রণালী বর্ণনা কর। প্রস্তুতিকালের বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ দাও।

৩। শর্ত উল্লেখপূর্বক Zn, Fe-র সহিত নাইট্রিক অ্যাসিডের বিক্রিয়াগুলি সমীকরণসহ লিখ।

৪। ফসফরিক অ্যাসিড কিরূপে প্রস্তুত হয়? ফসফরিক অ্যাসিডের প্রধান প্রধান ধর্মগুলি ও ব্যবহার সম্বন্ধে আলোচনা কর।

৫। পরীক্ষাগারে সালফিউরিক অ্যাসিড কিরূপে প্রস্তুত হয়? নিম্নলিখিতগুলির উপর সালফিউরিক অ্যাসিডের বিক্রিয়া লিখ :—

অ্যালকোহল, স্টার্চ, ইক্ষু শর্করা, Zn, কপারের সহিত গাঢ় ও উত্তপ্ত H_2SO_4, NaCl, S, C, KI.

ষষ্ঠ পরিচ্ছেদ

হাইড্রাইড (Hydride)

হাইড্রোজেনের সহিত অপর কোন মৌলের রাসায়নিক মিলনে উৎপন্ন দ্বি-মৌল যৌগকে হাইড্রাইড বলে। হাইড্রোজেনের পরমাণু ক্রমাঙ্ক 1 অর্থাৎ হাইড্রোজেন পরমাণুর নিউক্লিয়াসে একটি প্রোটন এবং নিউক্লিয়াসের বাহিরে প্রথমকক্ষ পথে একটি ইলেকট্রন প্রদক্ষিণরত (পাক খাইতে খাইতে) আছে। বিক্রিয়াকালে হাইড্রোজেন পরমাণু এই ইলেকট্রনটি (a) বর্জন বা (b) আর একটি ইলেকট্রনের সহিত ভাগাভাগি করিয়া রাসায়নিক বন্ধন (chemical bond) রচনা করে। এই বিচারে হাইড্রাইড প্রধানতঃ দুই জাতীয় : (i) আয়নীয় বা লাবণিক হাইড্রাইড (Ionic or saltlike hydrides), (ii) সমযোজী বা আণবিক হাইড্রাইড (Covalent or molecular hydrides)।

তীব্র তড়িৎ ধনাত্মক ধাতব মৌলের (IA, IIA, IIIA শ্রেণীভূক্ত ধাতু) সহিত সংযোগ কালে হাইড্রোজেন উহাদের নিকট একটি ইলেকট্রন লাভ করে ; ফলে হাইড্রোজেন নেগেটিভ ও ধাতব মৌল পজিটিভ আয়নে পরিণত হয়। বিপরীত আধানযুক্ত আয়ন আকৃষ্ট হইয়া তড়িৎযোজ্যতার মাধ্যমে আয়নীয় হাইড্রাইড গঠন করে।

$$Na + H \xrightarrow{} Na^+H^-$$ (e: Na থেকে H-এ ইলেকট্রন স্থানান্তর)

। ধাতু ও হাইড্রোজেনকে তাপিত করিয়া [সাধারণতঃ 150°—700°C এর মধ্যবর্তী তাপমাত্রার] আয়নীয় হাইড্রাইড প্রস্তুত করা হয়। ইহারা উচ্চ গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট কেলাসিত পদার্থ ; বিগলিত অবস্থায় ইহারা তড়িৎ বিশ্লিষ্ট এবং তড়িৎ বিশ্লেষণে অ্যানোডে হাইড্রোজেন ও ক্যাথোডে ধাতু মুক্তি পায়।

$$M^+H^- \xrightarrow[\text{দ্রবীভূত}]{\text{বিগলিত বা}} M^+ + H^- \xrightarrow{\text{তড়িৎবিশ্লেষণ}} \left[\begin{array}{l} \text{অ্যানোডে : } H \longrightarrow H^{\circ} + e \\ \quad 2H^{\circ} \rightarrow H_2 \\ \text{ক্যাথোডে : } M^+ + e = M^{\circ} \end{array} \right.$$

(উপযুক্ত দ্রাবকে)

ইহারা ক্ষারধর্মী, জলের সহিত বিক্রিয়ায় ক্ষার উৎপন্ন করে এবং H_2 উদ্ভূত হয়।

$$CaH_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2$$

সমযোজী হাইড্রাইড :—কার্বন, নাইট্রোজেন প্রভৃতি অধাতব মৌলের সহিত হাইড্রোজেন সমযোজ্যতার মাধ্যমে সমযোজী হাইড্রাইড গঠন করে। উপাদান সমূহের

প্রত্যক্ষ সংযোগ, কিংবা বোরাইড, কার্বাইড প্রভৃতি যৌগদের সহিত অ্যাসিডের বিক্রিয়ায় সমযোজী হাইড্রাইড প্রস্তুত হয়। এই জাতীয় হাইড্রাইড নিম্ন গলনাঙ্ক ও স্ফুটনাঙ্কের উদ্বায়ী পদার্থ। ইহারা তড়িৎ বিশ্লেষ্য নয়। সমযোজী হাইড্রাইডের স্ফুটনাঙ্ক আণবিকভাবে বৃদ্ধির সঙ্গে বৃদ্ধি পায়। ইহাদের স্থায়িত্ব মৌলদের পরমাণু ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে (অপরা তড়িৎধর্মিতা বৃদ্ধির দরুণ) একই হারে বৃদ্ধি পায় এবং একই শ্রেণীতে হ্রাস পায়। $HF > H_2O > NH_3$; $NH_3 > PH_3 > AsH_3$। একই পর্যায়ে মৌলের পরমাণু ক্রমাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে হাইড্রাইডদের ক্ষারধর্মিতা হ্রাস এবং অম্লধর্মিতা বৃদ্ধি পাইতে থাকে। NaH, CaH_2 প্রভৃতি ক্ষারধর্মী, H_2S, HF প্রভৃতি অম্লধর্মী। NH_3-তে N-H বন্ধনরত ইলেকট্রন জোড়ের প্রতি আসক্তি (হাইড্রোজেন অপেক্ষা) নাইট্রোজেনের প্রবলতর হওয়ায় নাইট্রোজেনে সামান্য অপরা, এবং হাইড্রোজেনে সামান্য পরা বিদ্যুৎভার সৃষ্টি হয় ; ফলে NH_3 হইতে প্রোটন (H^+) বিমুক্ত হইওয়াই অর্থাৎ উহার অম্লধর্মিতা প্রকাশ পাওয়ারই সম্ভাবনা ; কিন্তু নাইট্রোজেনস্থিত মুক্ত ইলেকট্রন জোড় (lone electron pair) (কোন অ্যাসিড প্রদত্ত) প্রোটনকেই আকর্ষণ করিয়া থাকে বলিয়া NH_3 ক্ষারধর্মীও বটে। সেই বিচারে H_2O উভয় ধর্মই প্রকাশ করে, তবে NH_3 অপেক্ষা H_2O অধিকতর অম্লধর্মী। HF যৌগ অম্লধর্মী, লঘু দ্রবণে ইহা মৃদু অম্লধর্মী এবং গাঢ় দ্রবণে তীব্র অম্লধর্মী। হাইড্রাসিডের তীব্রতা আগেই সামান্য আলোচিত হইয়াছে।

এই অধ্যায়ে কতিপয় অধাতব হাইড্রাইডের প্রস্তুতি, ধর্ম ইত্যাদি আলোচিত হইতেছে।

অ্যামোনিয়া
(Ammonia)

সংকেত ; NH_3 আণবিক ভার ; 17 বাষ্পঘনত্ব ; 8·5

নাইট্রোজেন, হাইড্রোজেনের সহিত সংযুক্ত হইয়া বিভিন্ন রাসায়নিক যৌগিক উৎপন্ন করে ; উদাহরণ স্বরূপ,—অ্যামোনিয়া (Ammonia—NH_3), হাইড্রাজিন (Hydrazine—N_2H_4) ও হাইড্রাজোয়িক এসিড (Hydrazoic acid—N_3H) ইত্যাদি। এই যৌগিকগুলির মধ্যে অ্যামোনিয়াই অধিক গুরুত্বপূর্ণ যৌগিক।

আবিষ্কার :

1775 খ্রীষ্টাব্দে প্রিষ্টলে (Priestley), নিশাদল (Salammoniac) ও চুনের মিশ্রণকে উত্তপ্ত করিয়া সর্বপ্রথম অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করেন। ক্ষারীয় ধর্মের জন্য প্রিষ্টলে ইহার নাম দেন 'ক্ষারীয় বায়ু' (alkaline air)।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

প্রকৃতিতে বায়ু ও জলে অতি সামান্য পরিমাণে অ্যামোনিয়া বর্তমান থাকে। জৈব ও উদ্ভিদ দেহের পচনের ফলে, সাধারণতঃ প্রাকৃতিক অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। আস্তাবল ও মূত্রাগারে যে ঝাঁঝালো গন্ধ পাওয়া যায়, উহা অ্যামোনিয়ারই গন্ধ। জৈব দেহজাত অ্যামোনিয়ম লবণগুলির বিয়োজনে ঐ অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। বৃষ্টির জলে সামান্য পরিমাণ অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট লবণের অস্তিত্ব থাকে।

অ্যামোনিয়ার প্রস্তুতি :

সাধারণতঃ, নিম্নলিখিত উৎসগুলি হইতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হইয়া থাকে ;

(ক) কয়লার অন্তর্ধূমপাতনের ফলে জাত—'অ্যামোনিয়া-দ্রবণ, (Ammoniacal liquor) ;

(খ) জৈব দেহের নাইট্রোজেন-বহুল অংশগুলি (যথা,—শৃঙ্গ, অস্থি, ক্ষুর প্রভৃতি) ;

(গ) অ্যামোনিয়া ঘটিত লবণগুলি (Ammonium salts)।

পরীক্ষাগারে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি :

অ্যামোনিয়া একটি মৃদু ক্ষারীয় যৌগিক। সেজন্য অ্যামোনিয়া-ঘটিত লবণগুলিকে তীব্র ক্ষার সহযোগে উত্তপ্ত করিলে প্রতিস্থাপন প্রক্রিয়ার ফলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হইয়া থাকে।

পরীক্ষাগারে, সহজ উপায়ে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতির জন্য সাধারণতঃ অ্যামোনিয়ম ক্লোরাইড, NH_4Cl, চুন CaO বা কলিচুন $Ca(OH)_2$ (ওজনের 2 : 1 অনুপাত) মিশ্রিত করিয়া উত্তপ্ত করা হয়,—

$$2NH_4Cl+CaO=2NH_3+CaCl_2+H_2O$$
$$2NH_4Cl+Ca(OH)_2=2NH_3+CaCl_2+2H_2O$$

অ্যামোনিয়া বাতাস অপেক্ষা বেশ হালকা ; সেইজন্য গ্যাসজার উপুড় করিয়া বায়ুর নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়। অপর যে কোন অ্যামোনিয়াম লবণ ও ক্ষারক ব্যবহার করিয়াও অ্যামোনিয়া পাওয়া যায়।

$$(NH_4)_2SO_4+2KOH=K_2SO_4+2H_2O+2NH_3$$
$$NH_4NO_3+PbO=Pb(NO_3)_2+H_2O+2NH_3$$

অনেকসময় পরীক্ষাগারে গাঢ় অ্যামোনিয়া দ্রবণ (liquor ammonia) কঠিন KOH এর উপর ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিয়াও গ্যাসটি প্রস্তুত করা হয়।

আমোনিয়ার নিরুদন বা শুষ্কীকরণ (Drying of ammonia)

গাঢ় H_2SO_4 বা P_2O_5 ব্যবহার করিয়া NH_3 কে শুষ্ক করা যায় না। কারণ ক্ষারীয় বলিয়া অ্যামোনিয়া উহাদের সঙ্গে বিক্রিয়া করে। বিক্রিয়ার ফলে যথাক্রমে

অ্যামোনিয়াম সালফেট $(NH_4)_2SO_4$ ও অ্যামোনিয়াম ফসফেট $(NH_4)_3PO_4$ উৎপন্ন করে।

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 \; ; \quad 3NH_3 + H_3PO_4 = (NH_4)_3PO_4$$

অনার্দ্র $CaCl_2$ ও NH_3 কে শোষণ করিয়া একটি যুত যৌগ $CaCl_2, 8NH_3$ গঠন করে। অতএব অ্যামোনিয়ার শুষ্কীকরণে চুন নিরুদক হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

১। নাইট্রিক এসিড, নাইট্রেট ও নাইট্রাইট লবণগুলিকে সদ্যজ হাইড্রোজেন (Nascent hydrogen) সহযোগে বা অন্য উপযুক্ত প্রণালীতে বিজারণ করিলে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়।

$$NaNO_3 + 8H = NaOH + 2H_2O + NH_3$$

$$NaNO_2 + 6H = NaOH + H_2O + NH_3$$

২। নাইট্রাইড শ্রেণীর যৌগ জল বা ক্ষারের উপস্থিতিতে আর্দ্র বিশ্লেষিত হইয়া অ্যামোনিয়া উৎপন্ন করে,

$$Mg_3N_2 + 6H_2O = 3Mg(OH)_2 + 2NH_3 \; ;$$

$$AlN + 3NaOH = Al(ONa)_3 + NH_3$$

অ্যামোনিয়ার ধর্ম ঃ

ভৌতধর্ম :

অ্যামোনিয়া একটি বর্ণহীন, তীব্রগন্ধী ও ক্ষার-স্বাদযুক্ত গ্যাস। ইহা বায়ু অপেক্ষা অনেক হাল্কা (ঘনত্ব, 8·5) ; সেইজন্যই, ইহাকে বায়ুর নিম্নাপসরণ পদ্ধতিতে সংগ্রহ করা যায়। ইহার হিমাঙ্ক, −77·7°C ও স্ফুটনাঙ্ক, −33·5°C। তরলীভূত অ্যামোনিয়া শিল্পে প্রভুত ব্যবহার হয় ও সাধারণতঃ ইহা তরল-অ্যামোনিয়া (liquid ammonia) নামে পরিচিত।

অ্যামোনিয়া জলে অতিমাত্রায় দ্রবণীয় ; 0°C উত্তাপে জল, উহার আয়তনের 1150 গুণ আয়তন অ্যামোনিয়াকে দ্রবীভূত করিতে পারে। এই সম্পৃক্ত দ্রবণে প্রায় 47% অ্যামোনিয়া থাকে। শিল্পে ও পরীক্ষাগারে যে 'গাঢ় অ্যামোনিয়া' (liquor ammonia) ব্যবহৃত হয় উহার মধ্যে প্রায় 36% অ্যামোনিয়া থাকে। অ্যামোনিয়া দ্রবণের ঘনত্ব বিশুদ্ধ জলের ঘনত্ব অপেক্ষা কম।

রাসায়নিক ধর্ম :

(ক) অ্যামোনিয়া দাহ্যও নহে, দহন সহায়কও নহে। কেবলমাত্র অক্সিজেন সহযোগে অ্যামোনিয়ার দহন ঘটে—

$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$$

(খ) অ্যামোনিয়া স্থায়ী যৌগিক হইলেও প্রবল উত্তাপে বা তড়িৎযোগে বিশ্লিষ্ট হইয়া থাকে—$2NH_3 = N_2 + 3H_2$

(গ) অ্যামোনিয়া একটি ক্ষারধর্মী গ্যাস, অম্ল সহযোগে ইহা শোষিত হয় এবং লবণ উৎপাদন করে—$NH_3 + HCl = NH_4Cl$

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

(ঘ) অ্যামোনিয়া জলে দ্রবীভূত হইয়া অ্যামোনিয়াম-হাইড্রক্সাইড ক্ষার উৎপন্ন করে ; অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ সে কারণেই লাল-লিটমাসকে নীল করে এবং অম্লগুলিকে প্রশমিত করিয়া অ্যামোনিয়াম শ্রেণীর লবণ উৎপাদন করে—

$$NH_3 + H_2O = NH_4OH \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

$$NH_4OH + HCl = NH_4Cl + H_2O$$

$$2NH_4OH + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$$

(ঙ) অ্যামোনিয়ার জলীয় দ্রবণ দ্রাব্য ধাতব-লবণগুলির সহিত বিক্রিয়া করিয়া অদ্রাব্য-হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে—

$$FeCl_3 + 3NH_4OH = Fe(OH)_3 + 3NH_4Cl$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 6NH_4OH = 2Al(OH)_3 + 3(NH_4)_2SO_4$$

কোন কোন ধাতব লবণ প্রথমে অদ্রাব্য হাইড্রক্সাইড উৎপন্ন করে ও পরে অধিক পরিমাণ অ্যামোনিয়া দ্রবণে জটিল যৌগিক উৎপন্ন করিয়া দ্রাব্য হইয়া যায়—

কপার সালফেট দ্রবণে অ্যামোনিয়ার দ্রবণ আস্তে আস্তে যোগ করিলে প্রথমে ক্ষারীয় কপার সালফেটের ফিকে নীল অধঃক্ষেপ পড়ে ; অধঃক্ষেপটি অতিরিক্ত NH_4OH-র সহিত বিক্রিয়া করিয়া কিউপ্রো-অ্যামোনিয়াম সালফেট নামক জটিল লবণ সৃষ্টি করিয়া দ্রবীভূত হইয়া যায় এবং দ্রবণের বর্ণ হয় গাঢ় নীল।

$$2CuSO_4 + 2NH_4OH = CuSO_4, Cu(OH)_2 + (NH_4)_2SO_4$$

$$CuSO_4, Cu(OH)_2 + 6NH_4OH + (NH_4)_2SO_4$$
$$= 2[Cu(NH_3)_4]SO_4 + 8H_2O$$

$AgNO_3$ দ্রবণ NH_4OH-র সহিত বিক্রিয়ায় প্রথমে বাদামী বর্ণের সিলভার অক্সাইড অধঃক্ষেপ ফেলে ; ইহা অতিরিক্ত NH_4OH-এ দ্রবীভূত হইয়া বর্ণহীন সিলভার অ্যামিন হাইড্রক্সাইড গঠন করে ও সাদা কঠিন $AgCl$, NH_4OH-এ দ্রবীভূত হইয়া জটিল লবণ, সিলভার অ্যামিনো ক্লোরাইড, গঠন করে।

$2AgNO_3 + 2NH_4OH = Ag_2O + 2NH_4NO_3 + H_2O$;

$Ag_2O + 4NH_4OH = 2[Ag(NH_3)_2]OH + 3H_2O$

$AgCl + 2NH_4OH = [Ag(NH_3)_2]Cl + 2H_2O$

অ্যামোনিয়া-দ্রবণ Cu-লবণের ন্যায় Ni, Co, Cr, Ag, Pt, Zn প্রভৃতি বহু ধাতব লবণের সহিত এইরূপ জটিল-যৌগিক উৎপন্ন করে। এই জটিল-যৌগিকগুলিকে সাধারণভাবে 'অ্যামিন' (ammine) বলা হয়।

অ্যামোনিয়াস্থিত N-পরমাণু মুক্ত ইলেকট্রন জোড় অসম যোজ্যতার সাহায্যে কিংবা N—H বন্ধনের পোলারিটি—অসম বিদ্যুৎভারের জন্য অ্যামোনিয়া ধাতব আয়নের সহিত জটিল অ্যামিনো যৌগ গঠন করে।

Hg (II) লবণ NH_4OH-র সহিত বিক্রিয়ায় সাদা অ্যামিনো মার্কারী (II) লবণের অধঃক্ষেপ সৃষ্টি করে ; Hg(I) লবণের সহিত বিক্রিয়ায় NH_4OH-এর কালো অধঃক্ষেপ উৎপন্ন হয়।

$HgCl_2 + NH_4OH = Hg.NH_2Cl + HCl + H_2O$

$Hg_2Cl_2 + NH_4OH = Hg.NH_2Cl + Hg + HCl + H_2O$

(চ) অ্যামোনিয়া গ্যাস কোনো কোনো উত্তপ্ত ধাতুর সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যামাইড (amide) শ্রেণীর যৌগিক উৎপন্ন করে—

$$2NH_3 + 2Na = 2NaNH_2 + H_2$$

$$2NH_3 + 2K = 2KNH_2 + H_2$$

ম্যাগনেশিয়ম ধাতু কিন্তু অ্যামোনিয়ার সহিত বিক্রিয়ায় নাইট্রাইড উৎপন্ন করে—

$$3Mg + 2NH_3 = Mg_3N_2 + 3H_2$$

(ছ) অ্যামোনিয়া গ্যাস একটি মৃদু বিজারক পদার্থ। উত্তপ্ত অবস্থায় ইহা CuO, PbO প্রভৃতিকে বিজারিত করে—$3CuO + 2NH_3 = 3Cu + N_2 + 3H_2O$

(জ) অ্যামোনিয়া হালোজেনগুলির সহিত বিক্রিয়া করিয়া নাইট্রোজেন ও অ্যামোনিয়ম লবণ উৎপন্ন করে—$3Cl_2 + 8NH_3 = N_2 + 6NH_4Cl$

হালোজেনের মাত্রা অধিক থাকিলে বিস্ফোরক নাইট্রোজেন ট্রাইহ্যালাইড উৎপন্ন হয়।

$$3Cl_2 + 8NH_3 = N_2 + 6NH_4Cl$$

$$\underline{N_2 + 3Cl_2 \quad = 2NCl_3}$$

$$6Cl_2 + 8NH_3 = 2NCl_3 + 6NH_4Cl$$

(ঝ) উত্তপ্ত প্লাটিনাম প্রভাবকের উপর দিয়া অ্যামোনিয়া ও বায়ুর (বা অক্সিজেনের) মিশ্র অতিদ্রুত চালনা করিলে অ্যামোনিয়া নাইট্রিক অক্সাইডে জারিত হয়,

$$4NH_3 + 5O_2 = 6H_2O + 4NO$$

NO অতিরিক্ত বায়ু সহযোগে NO_2 উৎপন্ন করে ও NO_2-কে জলে দ্রবীভূত করিয়া নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন করা যায়—$4NO+3O_2+2H_2O=4HNO_3$

এই প্রক্রিয়াটিই বর্তমানে নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প-প্রস্তুতিতে সর্বাধিক ব্যবহৃত প্রক্রিয়া এবং প্রক্রিয়াটিকে নাইট্রিক অ্যাসিড-প্রস্তুতির **অস্টোয়াল্ড প্রণালী** (Ostwald's Process) বলা হয়।

অ্যামোনিয়ার নিরীক্ষা :

(1) আমোনিয়ার একটি বিশিষ্ট তীব্র গন্ধ আছে ও উহা লাল লিটমাসকে নীল করে।

(2) অ্যামোনিয়ার সান্নিধ্যে হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস গাঢ় সাদা ধূম উৎপন্ন করে।

(3) 'নেসলার-দ্রবণ'* (Nessler's solution) সহযোগে অ্যামোনিয়া বাদামী বর্ণ বা বাদামীবর্ণের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

$$2K_2[HgI_4]+3KOH+NH_3=NH_2HgOHgI+7KI+2H_2O$$

অ্যামোনিয়ার মাত্রা কম হইলে অধঃক্ষেপ পড়েনা ; দ্রবণ শুধুমাত্র বাদামীবর্ণ ধারণ করে।

(4) মার্কিউরাস লবণের দ্রবণ-প্রলিপ্ত কোন কাগজ অ্যামোনিয়ার সান্নিধ্যে আনিলে উহা কাল হইয়া যায়।

অ্যামোনিয়ার ব্যবহার :

(1) তরল অ্যামোনিয়া বরফ উৎপাদন ও শীতলীকরণ (refrigeration) কার্যে ব্যবহৃত হয়।

(2) অ্যামোনিয়া—নাইট্রিক এসিড (অস্টোয়াল্ড প্রণালী) ও সোডিয়ম কার্বনেটের (সলভে প্রণালী) শিল্প-প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

(3) অ্যামোনিয়া—বিভিন্ন অ্যামোনিয়ম-ঘটিত কৃত্রিম সার, যথা অ্যামোনিয়ম সালফেট, অ্যামোনিয়ম-নাইট্রেট, অ্যামোনিয়ম ফসফেট, প্রভৃতির প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

***নেসলার দ্রবণ :**

মার্কিউরিক ক্লোরাইড দ্রবণে KI যোগ করিলে মার্কিউরিক আয়োডাইডের লাল অধঃক্ষেপ পড়ে—

$$HgCl_2+2KI=HgI_2+2KCl.$$

অধঃক্ষেপসহ এই দ্রবণে অতিরিক্ত KI যোগ করিলে পটাশিয়াম মার্কিউরিক-আয়োডাইড নামে একটি জটিল যৌগিক উৎপন্ন হয় ; এই জটিল যৌগটি জলে দ্রাব্য ও দ্রবণটি বর্ণহীন হইয়া যায়।

$HgI_2+2KI=K_2[HgI_4]$ (পটাশিয়ম মার্কিউরিক-আয়োডাইড)। পটাশিয়ম মারকিউরিক আয়োডাইডের বর্ণহীন দ্রবণে অতিরিক্ত KOH দ্রবীভূত করিয়া যে ক্ষারীয় দ্রবণ পাওয়া যায় তাহাকে নেসলার দ্রবণ বলা হয়। ইহা অ্যামোনিয়া ও অ্যামোনিয়াম লবণের একটি উৎকৃষ্ট নিরীক্ষক (reagent)।

(4) আমোনিয়া কৃত্রিম রেশম বা রেয়ন (Rayon) প্রস্তুতিতে ব্যবহার হইয়া থাকে।

অ্যামোনিয়া হইতে প্রস্তুত অ্যামোনিয়ম-লবণগুলিও নানা কার্যে ব্যবহৃত হয়। যথা—অ্যামোনিয়ম সালফেট ও অ্যামোনিয়ম ফসফেট—সাররূপে, অ্যামোনিয়ম কার্বনেট—ঔষধ (স্মেলিংসল্ট ; (Smelling salt) রূপে, অ্যামোনিয়ম নাইট্রেট—বিস্ফোরক ও সাররূপে, আমোনিয়ম ক্লোরাইড—রঞ্জন শিল্পে, ঝালাই কার্যে ও বিদ্যুৎ কোষে ব্যবহৃত হয়।

ফসফিন (Phosphine)

সংকেত, PH_3 আণবিক ভার, 34 বাষ্পঘনত্ব, 17

ফসফরাস দুইটি হাইড্রাইড গঠন করে (1) ফসফিন PH_3 ও (2) ডাইফসফরাস টেট্রাহাইড্রাইড বা ফসফরাস ডাই-হাইড্রাইড P_2H_4। সাধারণ তাপমাত্রায় প্রথমটি গ্যাসীয় ; দ্বিতীয়টি তরল।

1783 খ্রীষ্টাব্দে গেঙ্গেম্বার শ্বেত ফসফরাসকে ক্ষারের সহিত তাপিত করিয়া ফসফিন গ্যাস পান।

তীব্র ক্ষারের (সোডিয়াম বা পটাশিয়াম হাইড্রক্সাইড) দ্রবণের সহিত শ্বেত ফস্‌ফরাসকে একত্রে ফুটাইলে হাইপোফসফাইট-লবণ ও ফস্‌ফিন গ্যাস উৎপন্ন হয়।

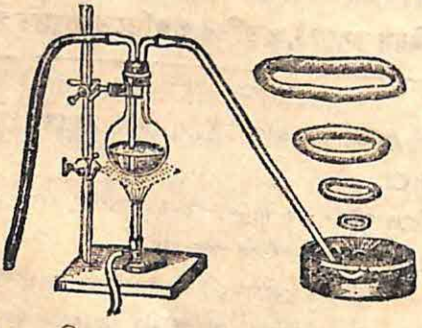
$$P_4 + 3OH^- = PH_3 + 3PO^-$$

$$3PO^- + 3H_2O = 3HPO_2^-$$ (হাইপো ফসফাইট আয়ন)

$$P_4 + 3NaOH + 3H_2O = 3NaH_2PO_2 + PH_3$$

প্রস্তুতি :

নির্গমনল যুক্ত একটি কাঁচ-কূপীতে গাঢ় কষ্টিক সোডার দ্রবণ (40%) লইয়া উহাতে কয়েক টুকরা শ্বেত ফসফরাস দেওয়া হয়। কূপীটিকে তার জালির উপর রাখিয়া একটি ষ্ট্যাণ্ডে আটকানো হয়। হাইড্রোজেন বা কোলগ্যাসের প্রবাহ কূপীর মধ্য দিয়া চালনা করিয়া কূপীর অভ্যন্তরস্থ বায়ু অপসারিত করিয়া দেওয়া হয়। অতঃপর কূপীটিকে উত্তপ্ত করিলে ফসফিন গ্যাস উৎপন্ন হইয়া নির্গমনলপথে নিষ্ক্রান্ত হয়। নির্গমনলের বহিঃপ্রান্তটি জলে ডুবানো থাকে। জল



চিত্র নং ৩৯—ফসফিন-প্রস্তুতি

হইতে ফস্‌ফিন ছোট ছোট বুদ্‌বুদের মত বাহিরে উঠিতে থাকে এবং বাতাসের সংস্পর্শে

আসামাত্রই জলিয়া উঠে এবং ধোঁয়ার সৃষ্টি করে। এই ধোঁয়া কুণ্ডলীর আকারে পাকাইয়া পাকাইয়া বাহির হইতে থাকে এবং উপরে ওঠার সঙ্গে সঙ্গে আয়তন বড় হইতে থাকে এই ধোঁয়া P_2O_5 এর সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম কণিকার সমষ্টি। এই কুণ্ডলাকৃতি ধোঁয়াকে ফসফিনের আবর্তবলয় (Vortex rings) বলে (চিত্র, ৩৯)।

ফস্‌ফিনের সঙ্গে সামান্য হাইড্রোজেন ও P_2H_4 প্রভৃতি মিশ্রিত থাকে। এই P_2H_4 দাহ্য ও প্রকৃতপক্ষে ইহাই বাতাসের সংস্পর্শে জলিয়া উঠে; ফসফিন কিন্তু নিজে জলেনা।

$$6P+4NaOH+4H_2O=4NaH_2PO_2+P_2H_4$$

$$2P+2NaOH+2H_2O=2NaH_2PO_2+H_2$$

$$NaH_2PO_2+2NaOH=Na_3PO_4+2H_2$$

নিষ্ক্রান্ত গ্যাসকে খুব শীতল করিলে P_2H_4 ঘনীভূত হইয়া পৃথক হইয়া যায়। ফসফিনকে অতঃপর জলের নিম্নাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

ফসফোনিয়াম আয়োডাইডকে গাঢ় কষ্টিক পটাশের দ্রবণের (30%) সঙ্গে তাপিত করিয়া কিংবা ধাতব ফসফাইডকে জল বা অ্যাসিড দ্বারা আর্দ্র বিশ্লেষিত করিয়া বিশুদ্ধ ফসফিন প্রস্তুত করা যায়। ফসফরাস অ্যাসিডকে তাপিত করিলেও ফসফিন উদ্ভূত হয়।

$$PH_4I+KOH=PH_3+KI+H_2O\ ;$$

$$2AlP+3H_2SO_4=Al_2(SO_4)_3+2PH_3\ ;$$

$$Ca_3P_2+6H_2O=3Ca(OH)_2+2PH_3\ ;$$

$$4H_3PO_3=3H_3PO_4+PH_3$$

ফসফিনের ধর্ম ঃ ফস্‌ফিন একটি বর্ণহীন, পচামাছের মত দুর্গন্ধযুক্ত বিষাক্ত গ্যাস। ইহা বাতাস অপেক্ষা সামান্য ভারী, ইহার ঘনত্ব 1.5307 গ্রাম/লিটার। ইহা জলে সামান্য দ্রবণীয় (17°C এক আয়তন জলে 0.26 আয়তন)। ফসফিন মৃদুক্ষার গুণসম্পন্ন; কিন্তু ইহা লাল লিটমাসকে নীল করিতে পারেনা। অ্যামোনিয়ার মত ইহা বিভিন্ন অ্যাসিডের সংযোগে ফস্‌ফোনিয়াম লবণ গঠন করে।

$$PH_3+HI=PH_4I\ ;\quad PH_3+HCl=PH_4Cl\ ;$$

ফসফোনিয়াম লবণদের মধ্যে PH_4I সর্বাপেক্ষা স্থায়ী; তবু ইহা নিম্ন উষ্ণতায় PH_3 ও HI-এ বিয়োজিত হইয়া যায়। PH_4Cl, PH_4Br সাধারণ উষ্ণতার নিম্ন উষ্ণতায় ভাঙ্গিয়া যায়।

ফসফিন আপনা আপনি বাতাসে জলেনা, তবে বাতাস বা অক্সিজেনে 150°C এ

তাপিত করিলে ইহা সামান্য বিস্ফোরণসহ জ্বলিয়া উঠে ও অক্সাইড গঠন করে। ক্লোরিন গ্যাসে ইহা স্বতঃই জ্বলিতে থাকে এবং ফসফরাস ট্রাইক্লোরাইডে পরিণত হয়।

$$2PH_3+4O_2=P_2O_5+3H_2O\ ;\ PH_3+3Cl_2=PCl_3+3HCl.$$

ফসফিন একটি মৃদু বিজারক। কপার বা মার্কারী লবণের দ্রবণ হইতে ইহা ধাতব ফসফাইড উৎপন্ন করে; গোল্ড, সিলভার প্রভৃতি লবণের দ্রবণ হইতে ধাতু অধঃক্ষিপ্ত করে।

$$3CuSO+2PH_3=Cu_3P_2+3H_2SO_4$$
$$6AgNO_3+PH_3=Ag_3P,3AgNO_3+3HNO_3$$
$$Ag_3P,3AgNO_3+3H_2O=6Ag+3HNO_3+3H_3PO_3.$$

অ্যামোনিয়া ও ফসফিনের তুলনা

	অ্যামোনিয়া	ফসফিন
বর্ণ, অবস্থা :	বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস	বর্ণহীন, পচা মাছের মত দুর্গন্ধযুক্ত গ্যাস।
দহন :	অক্সিজেনে জ্বলে	150°C এর অধিক উষ্ণতায় বাতাসে জ্বলে।
জলে দ্রাব্যতা :	জলে খুবই দ্রাব্য ; H_2-বন্ধন যুক্ত ;	দ্রাব্যতা খুবই কম ; H_2-বন্ধন যুক্ত নয়।
লিটমাসের উপর ক্রিয়া :	জলীয় দ্রবণ ক্ষারধর্মী, লাল লিটমাসকে নীল করে।	লিটমাসের রঙ পরিবর্তিত হয় না।
ক্ষার-ধর্ম :	মৃদু ক্ষার ধর্মী ; অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় অনেক লবণ (অ্যামোনিয়াম লবণ) উৎপন্ন করে। $NH_3+HCl=NH_4Cl$	মৃদু ক্ষার ধর্মী ; অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়ায় কতিপয় লবণ (ফসফোনিয়াম লবণ) উৎপন্ন করে। $PH_3+HCl=PH_4Cl$
স্থায়িত্ব :	স্থায়ী যৌগ : অধিক উষ্ণতায় বা বিদ্যুৎ স্ফুরণ দ্বারা বিয়োজিত হয় ; তাপদায়ী যৌগ।	অস্থায়ী ; 440°C এ বিযোজিত হইয়া যায়। তাপশোষী যৌগ।
প্রস্তুতি :	(i) অ্যামোনিয়াম লবণের সহিত ক্ষারের বিক্রিয়ায় উৎপন্ন হয় $2NH_4Cl+Ca(OH)_2=2NH_3+CaCl_2+2H_2O$	(i) ফসফোনিয়াম আয়োডাইড লবণের সহিত ক্ষারের ক্রিয়ায় উৎপন্ন হয়। $PH_4I+KOH=PH_3+H_2O+KI$
	(ii) ধাতব নাইট্রাইড যৌগের আর্দ্র বিশ্লেষণেও এই গ্যাস পাওয়া যায়। $Ca_3N_2+6H_2O=3Ca(OH)_2+2NH_3$	(ii) ধাতব যৌগের (ফসফাইড) আর্দ্রবিশ্লেষণেও এই গ্যাস পাওয়া যায়। $Ca_3P_2+6H_2O=3Ca(OH)_2+2PH_3$

	অ্যামোনিয়া	ফসফিন
Cl_2-এর সঙ্গে ক্রিয়া :	Cl_2 দ্বারা আক্রান্ত হয়। ট্রাই ক্লোরাইড গঠিত হয়। ক্লোরাইড জলে আর্দ্র-বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। $NH_3+3Cl_2=NCl_3+3HCl$ $NCl_3+3H_2O=NH_3+3HOCl$	Cl_2 দ্বারা আক্রান্ত হয়। ট্রাই-ক্লোরাইড গঠিত হয়। ক্লোরাইড যৌগ জল দ্বারা আর্দ্র বিশ্লিষ্ট হইয়া যায়। $PH_3+3Cl_2=PCl_3+3HCl$ $PCl_3+3H_2O=P(OH)_3+3HCl$
বিজারণ ক্ষমতা :	মৃদু বিজারক গুণ-সম্পন্ন ; উচ্চ তাপমাত্রায় ধাতব অক্সাইডকে বিজারিত করে। $3CuO+2NH_3=3Cu+N_2+3H_2O$; বহু জটিল অ্যামিন যৌগ সৃষ্টি করে।	বিজারণ গুণ সমাধিক। $PH_3+6AgNO_3+3H_2O=6Ag+H_3PO_3+6HNO^3$ কতিপয় জটিল যৌগ সৃষ্টি করে।

সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন বা হাইড্রোজেন সালফাইড

আণবিক সংকেত, H_2S ; আণবিক ভার, 34 ; বাষ্প ঘনত্ব, 17

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব :

খনিজ-জলে ও আগ্নেয়গিরির সন্নিকটস্থ বায়ুতে কখনো কখনো সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন বর্তমান থাকে। প্রাণী বা উদ্ভিদদেহের পচনে সালফার যুক্ত যৌগিক হইতে ইহা উদ্ভূত হয়।

প্রস্তুতি :

1. সালফার-বাষ্প ও হাইড্রোজেনের মিশ্র রক্ততপ্ত পিউমিস পাথর পূর্ণ একটি নলের মধ্য দিয়া চালিত করিলে H_2S গ্যাস উৎপন্ন হইয়া থাকে :

$$H_2+S=H_2S$$

2. **পরীক্ষাগারে H_2S-এর প্রস্তুতি :**

পরীক্ষাগারে ধাতব-সালফাইডের উপর লঘু-অম্লের বিক্রিয়ায় সাধারণতঃ H_2S প্রস্তুত করা হয়। ধাতব সালফাইড রূপে সাধারণতঃ ফেরাস সালফাইড ও লঘু-অম্ল রূপে H_2SO_4 নির্বাচন করা হইয়া থাকে।

$$FeS+H_2SO_4=FeSO_4+H_2S$$

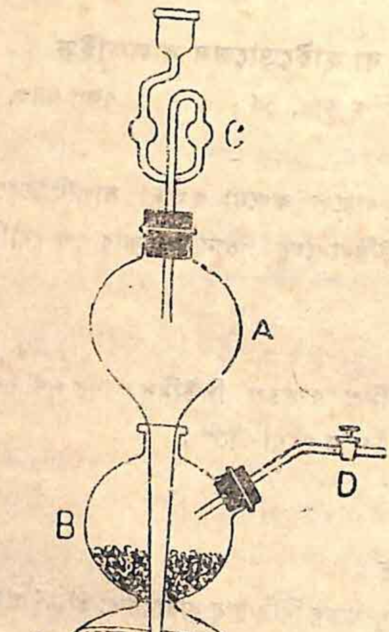
(ক) একটি দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত উলফ্ বোতলের মধ্যে কিছু FeS-এর টুকরা লওয়া হইল এবং দীর্ঘনাল ফানেল দিয়া উহার উপর কিছু লঘু-H_2SO_4

যোগ করা হইল ; উহাদের বিক্রিয়ার ফলে উৎপন্ন H_2S নির্গম নলপথে বাহির হইয়া আসে। H_2S বাতাস অপেক্ষা ভারী ; সে কারণে বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা অথবা উষ্ণ জলপূর্ণ গ্যাসজারে জলের নিম্নাপসারণ দ্বারাও ইহা সংগ্রহ করা হইয়া থাকে।

(খ) পরীক্ষাগারে H_2S নিরীক্ষক (reagent)-রূপে বহুল ব্যবহৃত হয় ও প্রায়শঃই উহার প্রয়োজন হয়। এরূপ ক্ষেত্রে উলফ্-বোতলে H_2S-এর প্রস্তুতি অসুবিধাজনক বলিয়া সাধারণতঃ উহার প্রস্তুতিতে কিপস্ যন্ত্র ব্যবহৃত হয়।

কিপস্ যন্ত্রে H_2S প্রস্তুতির জন্য প্রথমতঃ যন্ত্রটির মধ্যম-গোলকে (B) কিছু টুকরা FeS রাখা হয় ; পরে যন্ত্রটির বিভিন্ন অংশ যথাযথ স্থাপিত করিয়া উপরিস্থ ফানেল (C) হইতে লঘু H_2SO_4 যোগ করা হয়। লঘু H_2SO_4 সর্বনিম্ন অর্ধগোলক পূর্ণ করিয়া মধ্যম গোলকে FeS-এর সংস্পর্শে আসিলেই সাধারণ উষ্ণতায় বিক্রিয়া ঘটিয়া H_2S উৎপন্ন হয় :

$$FeS + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2S$$



চিত্র, ৪০—কিপস্ যন্ত্র

উৎপন্ন H_2S, D নির্গম নলপথে বাহিরে আসে। H_2S-এর অবিলম্বে প্রয়োজন না থাকিলে D নির্গম-পথটি বন্ধ করিয়া দিলে গ্যাসটি মধ্যস্থ গোলকে সঞ্চিত হয় ও উহার চাপে অ্যাসিড তল নিম্নমুখী হইয়া FeS এর সংস্পর্শচ্যুত হয় ও আর H_2S-এর উৎপাদন স্থগিত হইয়া যায়। পুনরায় H_2S প্রয়োজন হইলে D নির্গম-পথ খুলিয়া দেওয়া হয়, ফলে, মধ্যম গোলকে চাপ হ্রাস পাইয়া পুনরায় অ্যাসিড চলিয়া আসে ও বিক্রিয়াটি চলিতে থাকে। (চিত্র, ৪০)

কিপ্স্ যন্ত্র হইতে উৎপন্ন H_2S-কে সাধারণতঃ একটি জলপূর্ণ বোতলের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া পরে ব্যবহার করা বিধেয়।

বিশুদ্ধ H_2S-এর প্রস্তুতি : ক্যালসিয়াম সালফাইড বা অ্যান্টিমনি সালফাইডকে

গাঢ় HCl দ্বারা উত্তপ্ত করিলে বিশুদ্ধ H_2S উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন গ্যাসকে একটি জলপূর্ণ বোতলের মধ্যে চালিত করিয়া পরে সংগ্রহ করা হয়।

$$Sb_2S_3+6HCl=2SbCl_3+3H_2S\ ;$$

$$CaS+2HCl=CaCl_2+H_2S$$

হাইড্রোজেন সালফাইডের বিশোধন :

1. সাধারণ হাইড্রোজেন সালফাইডের সহিত প্রায়শঃই নানা কলুষ পদার্থ থাকে; H_2S-এর বিশোধনের জন্য প্রথমতঃ ইহাকে MgO-এর জলীয় প্রলম্বনে (suspension) চালনা করা হয়। MgO, H_2S-কে শোষণ করিলে ম্যাগনেশিয়াম হাইড্রোসালফাইড $Mg(HS)_2$ উৎপন্ন করে। উৎপন্ন ম্যাগনেশিয়ম হাইড্রোসাল-ফাইডকে 60°C-এ উত্তপ্ত করিয়া বিশুদ্ধ H_2S পাওয়া যায়।

$$MgO+2H_2S \rightarrow Mg(HS)_2+H_2O$$

2. H_2S-কে তরলীভূত করিয়া পরে 60°C উষ্ণতায় পাতন করিলে বিশুদ্ধ H_2S পাওয়া যায়।

হাইড্রোজেন সালফাইডের শুষ্কীকরণ :

H_2S—(1) অম্ল বলিয়া KOH, NaOH ইত্যাদির দ্বারা শুষ্কীকরণ করা যায় না,

(2) ইহা বিজারক বলিয়া H_2SO_4-এর দ্বারা শুষ্কীকরণ করা যায় না,

(3) ইহার সহিত $CaCl_2$-এর বিক্রিয়া হয় বলিয়া $CaCl_2$ দ্বারা ইহার শুষ্কীকরণ করা যায় না,

H_2S শুষ্কীকরণের জন্য অনার্দ্র P_2O_5 ব্যবহার করা হয়।

হাইড্রোজেন সালফাইডের ধর্ম : ভৌত ধর্ম :

হাইড্রোজেন সালফাইড বর্ণহীন, দুর্গন্ধযুক্ত গ্যাস। ইহার গন্ধ পচা ডিমের ন্যায়। ইহা জলে দ্রাব্য ও জলীয় দ্রবণের গন্ধও পচা ডিমের ন্যায়। ইহার স্ফুটনাংক −60°C ও গলনাংক −83°C। ইহা বিষাক্ত গ্যাস; বায়ুতে 1% H_2S শ্বাসক্রিয়ার পক্ষে মারাত্মক।

রাসায়নিক ধর্ম :

1. H_2S দাহ্য; কিন্তু দহনক্রিয়ার সহায়ক নহে। দহনকালে ইহা নীলাভ শিখা উৎপন্ন করে ও দহন শেষে SO_2, S প্রভৃতি উৎপন্ন করে—

$2H_2S+3O_2=2H_2O+2SO_2$ (অতিরিক্ত বায়ুর সহিত দহনে)

$2H_2S+O_2=2H_2O+2S$ (পরিমিত মাত্রায় বায়ুর সহিত দহনে)

$2H_2S+2O_2=2H_2O+SO_2+S$ (সাধারণ মাত্রায় বায়ুর সহিত দহনে)

2. H_2S দ্বিক্ষারীয় মৃদু অম্ল ; ইহা নীল লিটমাসকে লাল করে এবং জলে দুইটি স্তরে আয়নিত হয়—যথা,

$H_2S \rightleftharpoons H^+ + HS^-$; $HS^- \rightleftharpoons H^+ + S^{2-}$;

অম্লরূপে H_2S ক্ষার, ক্ষারক ও ধাতুর সহিত বিক্রিয়ায় সালফাইড বা হাইড্রো-সালফাইড লবণ উৎপন্ন করে—

$2NH_4OH + H_2S = (NH_4)_2S + 2H_2O$;

$NaOH + H_2S = NaHS + H_2S$; $2NaOH + H_2S = Na_2S + 2H_2O$

$Sn + H_2S = SnS + H_2$

অম্লধর্মিতার জন্য হাইড্রোজেন সালফাইডকে হাইড্রোসালফিউরিক অ্যাসিডও বলা হয়।

3. হাইড্রোজেন সালফাইড একটি উৎকৃষ্ট বিজারক পদার্থ এবং বহু যৌগিক ও লবণকে ইহা বিজারিত করে ; যথা—ফেরিক লবণ—ফেরাস লবণে, সালফিউরিক অ্যাসিড—সালফার ডায়ক্সাইডে, নাইট্রিক অ্যাসিড—নাইট্রোজেন অক্সাইডে, হ্যালোজেনসমূহ—হ্যালোজেন অ্যাসিডে, সালফার ডায়ক্সাইড—সালফারে, পার-ম্যাংগানেট—ম্যাংগানাস লবণে ও ডাইক্রোমেট ক্রোমিক লবণে পরিণত হয়। [$H_2S \rightleftharpoons 2H^+ + S^{2-}$; S^{2-} আয়ন ইলেকট্রন বর্জন করিয়া S^0-এ জারিত হয় : $S^{2-} - 2e = S^0$ ।]

$2FeCl_3 + H_2S = 2FeCl_2 + 2HCl + S$; $2Fe^{3+} + S^{2-} \rightarrow 2Fe^{2+} + S$

$H_2SO_4 + H_2S = SO_2 + S + 2H_2O$

$2HNO_3 + H_2S = 2NO_2 + S + 2H_2O$

$2NO_3^- + 4H^+ + S^{2-} \rightarrow S + 2NO_2 + 2H_2O$

$H_2S + X_2 = 2HX + S$ (X = Cl, Br, I ;)

$Cl_2 + S^{2-} \rightarrow S + 2Cl^-$

$2KMnO_4 + 5H_2S + 4H_2SO_4 = 2KHSO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O + 5S$

$[2MnO_4^- + 16H^+ + 5S^{2-} \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5S]$

$K_2Cr_2O_7 + 3H_2S + 5H_2SO_4 = 2KHSO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O + 3S$

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 3S^{2-} \rightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O + 3H$

4. **ধাতব লবণের উপর H_2S-এর বিক্রিয়া :**

ধাতব লবণের উপর H_2S-এর বিক্রিয়া বিশেষ গুরুত্বপূর্ণ। H_2S নানা ধাতব লবণের সহিত নানা অবস্থায় বিক্রিয়া করিয়া বিভিন্ন বর্ণের ধাতব সালফাইড উৎপন্ন

করে। উৎপন্ন ধাতব সালফাইডের ও H_2S-এর বিক্রিয়ার প্রকৃতি অনুযায়ী ধাতুগুলিকে শ্রেণীবদ্ধ করা হইয়া থাকে—

১ম শ্রেণী: Pb, Ag, Hg(I) ও Hg(II), Cu, Bi, Cd, Sn, As ও Sb

উপরোক্ত ধাতব লবণগুলি **অম্লীকৃত লবণ** হইতে H_2S দ্বারা অদ্রাব্য সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

২য় শ্রেণী: Zn, Co, Ni, Mn, Fe

উপরোক্ত ধাতব-লবণগুলি **ক্ষারকীত দ্রবণ** হইতে H_2S দ্বারা অদ্রাব্য সালফাইডরূপে অধঃক্ষিপ্ত হয়।

৩য় শ্রেণী: Na, K, Ca, Ba, Sr, Mg

উপরোক্ত ধাতব লবণগুলি NH_4Cl ও **অ্যামোনিয়া যুক্ত দ্রবণ বা অম্লীকৃত দ্রবণ হইতে H_2S দ্বারা অদ্রাব্য সালফাইড উৎপন্ন করে না।**

সুতরাং বিভিন্ন শ্রেণীর দুইটি বা ততোধিক ধাতব লবণকে উপযুক্ত পরীক্ষামূলক অবস্থায় সহজেই H_2S দ্বারা পৃথক করা যায়।

ইহা ছাড়া H_2S বিভিন্ন ধাতব-লবণের সহিত **বিভিন্ন বর্ণের ধাতব সালফাইড** উৎপন্ন করে এবং উৎপন্ন ধাতব সালফাইডের বর্ণ হইতে সহজেই **ধাতব-লবণস্থ ধাতুকে চিহ্নিত করা যায়।** যথা, Pb, Hg, Ag, Cu, Bi, Fe—প্রভৃতির লবণ H_2S সহযোগে কৃষ্ণবর্ণের সালফাইড উৎপন্ন করে; Sb-এর লবণ রক্তাভ বাদামী রঙের সালফাইড উৎপন্ন করে; Cd লবণ বাসন্তী রঙের সালফাইড উৎপন্ন করে এবং Zn-লবণ সাদা রঙের সালফাইড উৎপন্ন করে।

অজ্ঞাত লবণ বিশ্লেষণে (Unknown salt analysis): H_2S-এর উপরোক্ত ধর্মগুলি বিশেষ সহায়ক বলিয়া পরীক্ষাগারে H_2S একটি অপরিহার্য নিরীক্ষক।

হাইড্রোজেন সালফাইডের নিরীক্ষা:

1. হাইড্রোজেন সালফাইডের পচা ডিমের ন্যায় একটি বিশিষ্ট দুর্গন্ধ আছে;
2. হাইড্রোজেন সালফাইড পারমাঙ্গানেট দ্রবণকে বর্ণহীন, ডাইক্রোমেট দ্রবণকে সবুজ, নীল লিটমাসকে লাল এবং লেড অ্যাসিটেট দ্রবণকে কালো করে;
3. হাইড্রোজেন সালফাইডকে NaOH দ্রবণে শোষিত করিয়া ঐ দ্রবণে সদ্য-প্রস্তুত সোডিয়াম নাইট্রোপ্রুসাইড (sodium nitroprusside) দ্রবণ যোগ করিলে দ্রবণ গাঢ় গোলাপী বর্ণ উৎপন্ন করে।

হাইড্রোজেন সালফাইডের ব্যবহার ঃ

1. হাইড্রোজেন সালফাইড ধাতব সালফাইড উৎপাদনে ব্যবহার হয়,
2. হাইড্রোজেন সালফাইড পরীক্ষাগারে বিশ্লেষণ কার্যে ব্যবহার হয়,
3. হাইড্রোজেন সালফাইড বিজারক পদার্থরূপে ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড

(Hydrochlo ic acid)

আণবিক সংকেত ; HCl ; আণবিক ভার : 36·46, বাষ্প ঘনত্ব ; 18·23

পূর্বকথা ঃ

হাইড্রোক্লোরিক ও নাইট্রিক অ্যাসিডের মিশ্রণ অ্যাকোয়া রিজিয়া (aqua regia) নামে অ্যালকেমি যুগ হইতেই জ্ঞাত ছিল। বিশুদ্ধ HCl প্রথমে প্রিষ্টলে কর্তৃক প্রস্তুত হয়।

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড আগ্নেয়গিরিজাত গ্যাসে স্বল্প পরিমাণে পাওয়া যায়। ইহার লবণগুলি প্রকৃতিতে প্রচুর পরিমাণে বর্তমান থাকে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি ঃ

HCl একটি উদ্বায়ী অ্যাসিড ; সুতরাং ইহার লবণের উপর অনুদ্বায়ী অ্যাসিড H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় ইহা উৎপন্ন হইয়া থাকে। পরীক্ষাগারে HCl প্রস্তুতির জন্য সাধারণতঃ দীর্ঘনাল ফানেল ও নির্গম-নলযুক্ত একটি ফ্লাস্কে NaCl এর সহিত গাঢ় H_2SO_4 মিশাইয়া উত্তপ্ত করা হয়। উহাদের বিক্রিয়ায় HCl গ্যাস নির্গত হয়। বিক্রিয়াটি দুইটি ধাপে ঘটে ঃ

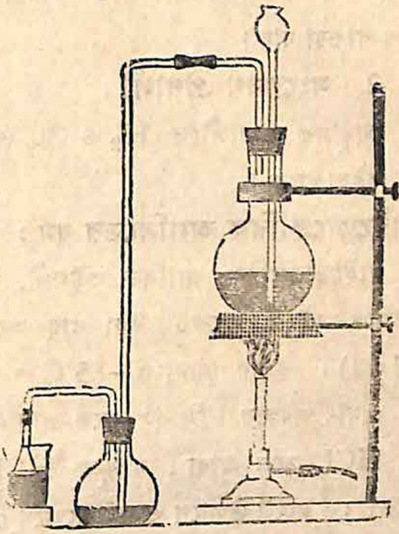
$NaCl + H_2SO_4 = NaHSO_4 + HCl$ (স্বল্প উষ্ণতায়, 250°—250°C)

$NaHSO_4 + NaCl = Na_2SO_4 + HCl$ (অধিক উষ্ণতায়)

সাধারণতঃ অধিক তাপমাত্রায় পরীক্ষাগারে এই বিক্রিয়া দ্বিতীয় ধাপ পর্যন্ত করা হয় না।

উৎপন্ন HCl গ্যাসকে অতঃপর গাঢ় H_2SO_4 পূর্ণ একটি ফ্লাস্কের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া পরে একটি খালি গ্যাসজারে বায়ুর উর্ধ্বাপসারণ দ্বারা সংগ্রহ করা হয়।

হাইড্রোজেন ক্লোরাইড গ্যাস জলে অত্যন্ত দ্রবণীয় ; স্মৃতরাং নির্গমনল সাহায্যে ইহাকে সরাসরি জলে চালনা করিলে ফ্লাস্কের অভ্যন্তরস্থ সমস্ত গ্যাস দ্রবীভূত হইয়া যাইতে পারে এবং গ্যাস যত দ্রব হয় তত পরিমাণে উৎপন্ন হয় না। ফলে জল পশ্চাৎ ধাবিত হইয়া ফ্লাস্কের ভিতর ঢুকিয়া দারুণ দুর্ঘটনার সৃষ্টি করিতে পারে। এইজন্য একটি বিশেষ ব্যবস্থা অবলম্বন করা হয় ; ফ্লাস্ক ও গ্রাহকপাত্রের মাঝখানে একটি খালি ফ্লাস্ক রাখা হয় ; যাহার ফলে জল HCl-উৎপাদন ফ্লাস্কে পৌছিতে পারে না। অথবা নির্গম নলটি একটি অতি দীর্ঘ নলযুক্ত ফানেলের সহিত যোগ করা হয়। ফানেলটি উল্টান অবস্থায় জলপাত্রে এমনভাবে রাখা হয় যেন ফানেলের ধার (rim) জল স্পর্শ করিয়া থাকে মাত্র। (চিত্র, ৪১)



চিত্র, ৪১—HCl প্রস্তুতি

সংশ্লেষণ পদ্ধতি দ্বারা HCl-এর প্রস্তুতি :

হাইড্রোজেন ও ক্লোরিনের সমপরিমাণ মিশ্রের (i) সূর্যালোকের সান্নিধ্যে, (ii) জলন্ত Mg-এর শিখার সান্নিধ্যে বা (iii) উত্তাপে সংশ্লেষণ ঘটে ও HCl-গ্যাস উৎপন্ন হয়, $H_2 + Cl_2 = 2HCl$

অধাতু ক্লোরাইডের আর্দ্র বিশ্লেষে HCl-এর প্রস্তুতি ঃ

সিলিকন টেট্রাক্লোরাইডের উপর জলের বিক্রিয়ায় বিশুদ্ধ HCl উৎপন্ন হয় –

$SiCl_4 + 2H_2O = SiO_2 + 4HCl$

PCl_3, $AlCl_3$, SO_2Cl_2 প্রভৃতির আর্দ্র বিশ্লেষেও HCl উৎপন্ন হয়।

$PCl_3 + 3H_2O = H_3PO_3 + 3HCl$;

$SO_2Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$;

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতি :

1. লেবলাংক প্রণালী (Leblanc's Process) বা সল্ট কেক (Salt cake) প্রণালী :

এই প্রণালীতে সাধারণ লবণ (NaCl) ও গাঢ় H_2SO_4-এর মিশ্র একটি লৌহ-পাত্রে চুল্লীর উপর উত্তপ্ত করিয়া (500°C) HCl উৎপন্ন করা হয়—

$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$

উৎপন্ন HCl-কে কোকপূর্ণ কয়েকটি স্তম্ভে চালনা করা হয় ; স্তম্ভগুলির উপর হইতে শীতল জলের ধারাপাত করিয়া প্রবিষ্ট HCl-কে শোষণ করিয়া গাঢ় HCl দ্রবণ পাওয়া যায়।

2. **সংশ্লেষণ প্রণালী :**

আধুনিক প্রণালীতে H_2 ও Cl_2-এর মিশ্র দহন করিয়া HCl-এর শিল্পোৎপাদন করা হইয়া থাকে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ধর্ম :

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কটুগন্ধী, বর্ণহীন, উদ্বায়ী গ্যাস। ইহা আর্দ্র বায়ুতে ধূমায়িত হইতে থাকে। ইহা বায়ু অপেক্ষা ভারী এবং ইহার বাষ্প ঘনত্ব 18·23 (H=1)। ইহার স্ফুটনাংক −85°C ও গলনাঙ্ক −111·4°C।

প্রমাণ অবস্থায় 1 সি. সি. জলে প্রায় 458 সি. সি. HCl-গ্যাস দ্রব হয়।

HCl জলে দ্রাব্য ; সম্পৃক্ত HCl দ্রবণে HCl-এর পরিমাণ 43%, (প্রায় 12M)। HCl উত্তাপে ও তড়িৎযোগে মৌলগুলিতে বিয়োজিত হয়।

HCl দ্রবণের উপর তাপের ক্রিয়া :

HCl-এর গাঢ় দ্রবণকে উত্তপ্ত করিলে দ্রবণ হইতে HCl গ্যাস নিষ্ক্রান্ত হয় ; ফলে দ্রবণ লঘু হয়। আবার উহার লঘু দ্রবণ উত্তাপে গাঢ়তর হয় ; কারণ এইক্ষেত্রে জল বাষ্পাকারে বাহির হইয়া আসে। উভয়ক্ষেত্রেই HCl-র একটি মিশ্রণ পাওয়া যায়, যাহাতে HCl-এর মাত্রা 20—24%। উত্তাপে এই মিশ্রণটি অপরিবর্তিত অবস্থায় পাতিত হইয়া আসে। এই মিশ্রণকে নিত্য স্ফুটনাঙ্কের মিশ্রণ (constant boiling mixture) বলে এবং ইহার স্ফুটনাঙ্ক 10·85°C (760 মি. মি. চাপে)।

HCl-এর জলীয় দ্রবণ তীব্রতম অম্ল ; ইহা লিটমাস দ্রবণকে লাল করে এবং প্রায় সম্পূর্ণ দ্রবণ আয়নে বিয়োজিত হয় :—$HCl \Rightarrow H^+ + Cl^-$

অম্লরূপে HCl-এর দ্রবণ Pb, Ag, Pb, Hg ও Au প্রভৃতি প্রায় সকল ধাতুর সহিতই বিক্রিয়ায় নিম্ন যোজ্যতার ধাতব ক্লোরাইড ও হাইড্রোজেন গ্যাস উৎপন্ন করে।

$$Mg + 2HCl = MgCl_2 + H_2 \; ; \quad Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

$$Zn + 2H^+ \rightarrow Zn^{2+} + H_2$$

বাতাসের উপস্থিতিতে Cu, Ag এই অ্যাসিডের সঙ্গে বিক্রিয়া করে ; উত্তপ্ত গাঢ় HCl দ্বারা Cu আক্রান্ত হয়—

$$2Cu + 4HCl + O_2 = 2CuCl_2 + 2H_2O$$
$$4Ag + 4HCl + O_2 = 4AgCl + 2H_2O$$

অম্লরূপে HCl-এর দ্রবণ ক্ষার ও ক্ষারকের সহিত ক্লোরাইড লবণ উৎপন্ন করে এবং অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহিত NH_4Cl-এর সাদা ধূম উৎপন্ন করে—

$Na^+OH^- + H^+Cl^- = NaCl + H_2O$; $OH^- + H^+ = H_2O$

$Fe(OH)_3 + 3HCl = FeCl_3 + 3H_2O$;

$NH_3 + HCl = NH_4Cl$

HCl তীব্র অম্লরূপে মৃদু অম্লের লবণগুলি হইতে মৃদু অম্লগুলিকে বিচ্যুত করে ;

$Na_2CO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2O + CO_2$;

$2H^+ + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2$

$Na_2SiO_3 + 2HCl = 2NaCl + H_2SiO_3$,

$Na_2HPO_4 + 2HCl = 2NaCl + H_3PO_4$

HCl—পারম্যাংগানেট, ডাইক্রোমেট, পারকসাইড, ম্যাংগানিজ ডায়কসাইড, নাইট্রিক অ্যাসিড, ক্লোরেট, পারক্লোরেট প্রভৃতি জারক পদার্থ দ্বারা জারিত হইয়া ক্লোরিন গ্যাসে পরিণত হয়—$2HCl + O \rightarrow H_2O + Cl_2$

HCl, Pb, Ag ও Hg (মার্কিউরাস)-এর ধাতব লবণের জলীয় দ্রবণ হইতে অদ্রাব্য ক্লোরাইডের অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

$Pb(NO_3)_2 + 2HCl = PbCl_2 + 2HNO_3$

$Hg_2(NO_3)_2 + 2HCl = Hg_2Cl_2 + 2HNO_3$

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের নিরীক্ষা :

1. HCl, NH_3-গ্যাসের সহিত সাদা ধূমরূপে NH_4Cl উৎপন্ন করে,
2. ইহা উত্তপ্ত MnO_2-এর সহিত বিক্রিয়ায় Cl_2 গ্যাস উৎপন্ন করে,
3. HCl এর জলীয় দ্রবণ নীল-লিটমাসকে লাল করে এবং Pb, Ag ও মার্কিউরাস লবণের সহিত অদ্রাব্য সাদা-অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে।

হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ব্যবহার :

1. হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড, পরীক্ষাগারে নিরীক্ষকরূপে ব্যবহৃত হয়,
2. ইহা Cl_2-গ্যাসের শিল্পোৎপাদনে, রঞ্জন-শিল্পে ও ফসফেট উৎপাদনে ব্যবহৃত হয়,
3. HCl—ধাতব ক্লোরাইড প্রস্তুতিতে সমধিক ব্যবহৃত হয়,
4. HCl-এর লঘু-দ্রবণ ঔষধরূপে ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড

(Hydrobromic Acid)

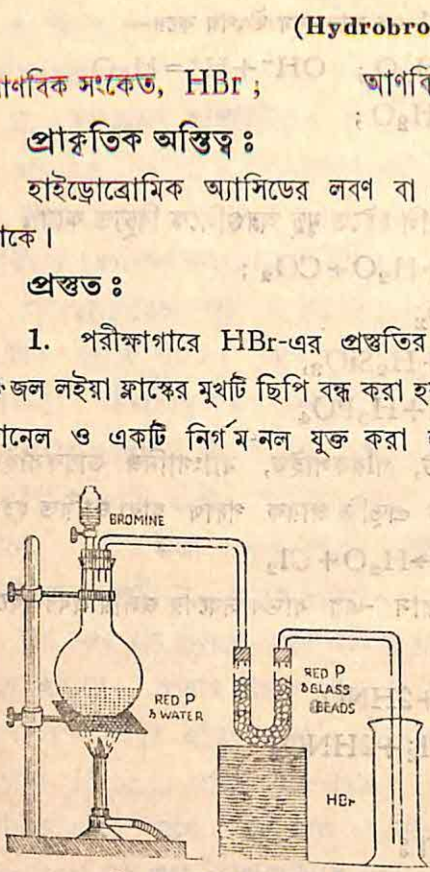
আণবিক সংকেত, HBr ; আণবিক ভার, 81 ; বাষ্প-ঘনত্ব, 40·5

প্রাকৃতিক অস্তিত্ব ঃ

হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডের লবণ বা ব্রোমাইড, কোনো কোনো খনিজে বিদ্যমান থাকে।

প্রস্তুত ঃ

1. পরীক্ষাগারে HBr-এর প্রস্তুতির জন্য একটি ফ্লাস্কে কিছু লোহিত ফসফরাস ও জল লইয়া ফ্লাস্কের মুখটি ছিপি বন্ধ করা হয় ও ছিপির মধ্য দিয়া একটি বিন্দুপাতন ফানেল ও একটি নির্গম-নল যুক্ত করা হয়। নির্গম-নলটির অপরপ্রান্ত একটি ইউ টিউবের এক বাহুতে প্রবেশ করাইয়া ইউ-টিউবটির অপর বাহু হইতে অপর একটি নির্গম-নল যুক্ত করা হয় এবং এই নির্গম নলটির অপরপ্রান্ত একটি খালি গ্যাসজারে প্রবিষ্ট থাকে। ইউ-টিউবে কাঁচের টুকরা ও লোহিত ফসফরাসের টুকরা রাখা হয় এবং বিন্দুপাতন ফানেলে (তরল) ব্রোমিন লওয়া হয়। এখন ফ্লাস্কটিকে একটি তারজালির উপর রাখিয়া তারজালির নিম্নে একটি বুনসেন দীপ রাখা হয় (চিত্র, ৪২)।



চিত্র, ৪২—HBr প্রস্তুতি

বিন্দুপাতন ফানেলের ব্রোমিন, ফ্লাস্ক মধ্যস্থ ফসফরাসের উপর ধীরে ধীরে ফোঁটা ফোঁটা করিয়া ফেলিলে প্রথমে ফসফরাস ব্রোমাইড ও পরে উহা জলের সহিত বিক্রিয়ায় HBr উৎপন্ন করে ; উৎপন্ন HBr গ্যাস কিন্তু ব্রোমিনের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় নির্গম-নলপথে বাহির হইয়া আসে এবং ইউ-টিউবের মধ্য দিয়া গমনকালে মিশ্রিত ব্রোমিন লোহিত P দ্বারা শোষিত হইয়া যায় ; অবশিষ্ট HBr গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ করিয়া সংগৃহীত হইতে থাকে। বিক্রিয়ার শেষাংশে ফ্লাস্কটি বুনসেন দীপের সাহায্যে সামান্য উত্তপ্ত করা হয়—

$2P+5Br_2=2PBr_5;\quad PBr_5+4H_2O=5HBr+H_3PO_4$

$2P+3Br_2=2PBr_3;\quad PBr_3+3H_2O=3HBr+H_3PO_3$

HBr জলে অতিশয় দ্রাব্য বলিয়া HCl-এর ন্যায় বিশেষ ব্যবস্থা অবলম্বন করিয়া ইহার জলীয় দ্রবণ প্রস্তুত করা হয়।

Cl^- আয়ন অপেক্ষা Br^- আয়ন অধিকতর অস্থায়ী অর্থাৎ ইহা ইলেকট্রন পরিত্যাগ করিয়া সহজতর ভাবে ব্রোমিনে জারিত হয়। সেইজন্য হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিডের ন্যায় হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডকে ব্রোমাইড লবণ ও গাঢ় H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় উৎপাদন করা যায় না। কারণ উৎপন্ন HBr, বিক্রিয়ক H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় জারিত হইয়া Br_2 উৎপন্ন করে—

$$2KBr+2H_2SO_4=2KHSO_4+2HBr\ ;$$

$$2HBr+H_2SO_4=Br_2+SO_2+2H_2O$$

2. H_2 ও Br_2-এর মিশ্রকে 300C°-এ উত্তপ্ত প্লাটিনাম প্রভাবকের উপর দিয়া চালিত করিলে HBr উৎপন্ন হয়ঃ $H_2+Br_2\rightleftharpoons 2HBr$

3. ব্রোমিন-জলে H_2S বা SO_2 চালনা করিলে HBr-র জলীয় দ্রবণ উৎপন্ন হয়ঃ $H_2S+Br_2=2HBr+S$; $SO_2+Br_2+2H_2O=2HBr+H_2SO_4$

ধর্ম :

হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড বর্ণহীন, ধূমায়মান, বায়ু অপেক্ষা ভারী গ্যাস। ইহার একটি তীব্র কটুগন্ধ আছে। ইহা জলে অতিমাত্রায় দ্রাব্য, প্রমাণ অবস্থায় 1 সি. সি. জলে প্রায় 610 সি. সি. HBr দ্রব হয় এবং জলীয় দ্রবণে একটি তীব্র অম্ল উৎপন্ন করে। $HBr\rightleftharpoons H^++Br^-$

ইহার নিত্য স্ফুটনাঙ্ক বিশিষ্ট মিশ্রণে HBr-র পরিমাণ 47·8% এবং ইহার স্ফুটনাঙ্ক 126°C (760 মি. মি. চাপে)।

রাসায়নিক ধর্মের দিক দিয়া HCl-এর ধর্মের সহিত HBr-এর ধর্মগুলির অতি নিকট সাদৃশ্য আছে। HCl-এর ন্যায় HBr বহু ধাতু, ধাতব অক্সাইড ও কার্বনেটের সহিত বিক্রিয়া করে। বহু অধাতুর সহিত HBr-এর বিক্রিয়ায় ব্রোমাইড যৌগিক উৎপন্ন হয়।

HBr-এর জলীয় দ্রবণ সূর্যালোক ও বায়ুর সান্নিধ্যে জারিত হইয়া থাকে—

$$4HBr+O_2=2H_2O+2Br_2$$

HBr গাঢ় H_2SO_4 ও অন্যান্য জারক পদার্থের দ্বারা অতি সহজেই জারিত হয়—
$2HBr+H_2SO_4=Br_2+SO_2+2H_2O$; $2HBr+Cl_2=2HCl+Br_2$

HBr-এর জলীয় দ্রবণ $AgNO_3$ দ্রবণের সহিত পীতাভ অদ্রাব্য সিলভার ব্রোমাইড লবণ উৎপন্ন করে : $AgNO_3+HBr=AgBr+HNO_3$

ব্যবহার ঃ

1. হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডজাত ব্রোমাইড লবণগুলি ফটোগ্রাফী (AgBr) ও ঔষধাদিতে (KBr ইত্যাদি) ব্যবহার হয়,
2. HBr জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড
(Hydroiadic Acid)

আণবিক সংকেত, HI ; আণবিক ভার, 128 ; বাষ্প ঘনত্ব, 64

প্রস্তুতি ঃ—

1. সংশ্লেষণ পদ্ধতি ঃ—

হাইড্রোজেন গ্যাস ও আয়োডিন বাষ্পের মিশ্র উত্তপ্ত প্লাটিনামের (অনুঘটক) উপর চালনা করিলে হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয় ঃ $H_2+I_2=2HI$

2. পরীক্ষাগারে হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি ঃ

(হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুতির ন্যায়) একটি ফ্লাস্কে কিছু লোহিত ফসফোরাস ও আয়োডিনের মিশ্র লইয়া বিন্দুপাতন ফানেল হইতে বিন্দু বিন্দু জল যোগ কারিলে ফ্লাস্কের মধ্যে হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন HI কিছু আয়োডিন বাষ্পের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় ফ্লাস্ক হইতে নির্গম নলপথে লোহিত ফসফোরাস ও কাঁচের টুকরা পূর্ণ ইউ-টিউবে প্রবেশ করে। ইউ-টিউবে আয়োডিন বাষ্প শোষিত হইয়া যায় ও অবশিষ্ট HI নির্গম নলপথে বাহির হইয়া একটি শূন্য গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা সংগ্রহীত হয়।

$$2P+3I_2\rightleftharpoons 2PI_3\ ;\ 2PI_3+6H_2O_3=2H_3PO_3+6HI$$

অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ HI প্রস্তুতির প্রয়োজন হইলে উপরোক্ত HI-কে P_2O_5 দ্বারা শুষ্কীকরণ করিয়া পারদপূর্ণ গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

HI-এর জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতির প্রয়োজন হইলে HI-কে HBr, HCl প্রভৃতির ন্যায় একটি বিশেষ ব্যবস্থা অবলম্বন করিয়া জলে দ্রবীভূত করা হয়।

3. H_2S বা SO_2, I_2-এর জলীয় দ্রবণে চালনা করিলে সালফারের অধঃক্ষেপ-সহ জলীয় দ্রবণে HI উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন দ্রবণটিকে পরিস্রাবণ করিয়া পরিস্রুৎটিকে পাতন করিলে HI-এর জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়—

$$H_2S+I_2=2HI+S$$
$$SO_2+I_2+2H_2O=H_2SO_4+2HI$$

আয়োডাইড আয়ন, I^-, অতি সহজেই জারিত হয়। সেইজন্য আয়োডাইড লবণ ও H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় HI প্রস্তুত করা যায় না। কারণ, উৎপন্ন HI, H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় অবিলম্বে জারিত হইয়া আয়োডিনে পরিণত হয়—

$$2NaI + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HI;$$

$$2HI + H_2SO_4 = 2H_2O + SO_2 + I_2$$

হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের ধর্ম : ভৌত ধর্ম :

হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড বায়ু অপেক্ষা ভারী, বর্ণহীন ও কটুগন্ধী গ্যাস। ইহা আর্দ্র বাতাসে ধূমায়িত হইতে থাকে। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। 10°C তাপমাত্রায় 1 সি সি. জলে প্রায় 425 সি.সি. HBr গ্যাস দ্রব হয়। ইহা 0°C. উষ্ণতায় ও 4—বায়ুচাপে তরলীভূত হইয়া থাকে। ইহার নিত্য স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণে HI-র ভাগ 57% এবং ইহার স্ফুটনাঙ্ক 127°C

1. হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড উত্তাপ ও আলোকের সান্নিধ্যে উপাদান মৌলগুলিতে বিয়োজিত হইয়া থাকে : $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$

2. বায়ু বা অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় HI দ্রুত আয়োডিনে বিয়োজিত হইতে থাকে বলিয়া বায়ুতে উন্মুক্ত হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের দ্রবণ বাদামীবর্ণ ধারণ করে : $4HI + O_2 = 2H_2O + 2I_2$

3. HI-এর জলীয় দ্রবণ তীব্র অম্লরূপে H^+ আয়নে বিয়োজিত হইতে থাকে—

$$HI \rightleftharpoons H^+ + I^-$$

তীব্র অম্লরূপে HI গ্যাস ক্ষার ও ক্ষারককে প্রশমিত করিয়া আয়োডাইড শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে : $KOH + HI = KI + H_2O$

4. দ্রাব্য ধাতব লবণের সহিত HI আয়োডাইড লবণ উৎপন্ন করে। লেড, মার্কিউরাস, মার্কিউরিক, কিউপ্রাস ও সিলভার লবণের সহিত হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড অদ্রাব্য আয়োডাইড অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে—

$$AgNO_3 + HI = AgI + HNO_3$$

$$Pb(NO_3)_2 + 2HI = PbI_2 + 2HNO_3$$

$$HgCl_2 + 2HI = HgI_2 + 2HCl$$

5. HI একটি উত্তম বিজারক পদার্থ $[2I^- - 2e \rightarrow I_2]$; Cl, Br, নাইট্রাস্ অ্যাসিড, ফেরিক ও কিউপ্রিক লবণ, হাইড্রোজেন পারক্সাইড, ওজোন, নাইট্রিক অ্যাসিড, পটাশিয়ম ডাইক্রোমেট, পটাশিয়ম পারম্যাংগানেট প্রভৃতি, HI-এর দ্বারা সহজেই বিজারিত হয়—

ব্যবহার ঃ

1. হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিডজাত ব্রোমাইড লবণগুলি ফটোগ্রাফী (AgBr) ও ঔষধাদিতে (KBr ইত্যাদি) ব্যবহার হয়,
2. HBr জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায় ব্যবহৃত হয়।

হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড
(Hydroiadic Acid)

আণবিক সংকেত, HI ; আণবিক ভার, 128 ; বাষ্প ঘনত্ব, 64

প্রস্তুতি ঃ—

1. সংশ্লেষণ পদ্ধতি ঃ—

হাইড্রোজেন গ্যাস ও আয়োডিন বাষ্পের মিশ্র উত্তপ্ত প্লাটিনামের (অনুঘটক) উপর চালনা করিলে হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড গ্যাস উৎপন্ন হয় ঃ $H_2+I_2=2HI$

2. পরীক্ষাগারে হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি ঃ

(হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড প্রস্তুতির ন্যায়) একটি ফ্লাস্কে কিছু লোহিত ফস্‌ফোরাস ও আয়োডিনের মিশ্র লইয়া বিন্দুপাতন ফানেল হইতে বিন্দু বিন্দু জল যোগ কারিলে ফ্লাস্কের মধ্যে হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন HI কিছু আয়োডিন বাষ্পের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় ফ্লাস্ক হইতে নির্গম নলপথে লোহিত ফসফোরাস ও কাঁচের টুকরা পূর্ণ ইউ-টিউবে প্রবেশ করে। ইউ-টিউবে আয়োডিন বাষ্প শোষিত হইয়া যায় ও অবশিষ্ট HI নির্গম নলপথে বাহির হইয়া একটি শূন্য গ্যাসজারে বায়ুর ঊর্ধ্বাপসারণ দ্বারা সংগ্রহীত হয়।

$2P+3I_2\rightleftharpoons 2PI_3$; $2PI_3+6H_2O_3=2H_3PO_3+6HI$

অনার্দ্র ও বিশুদ্ধ HI প্রস্তুতির প্রয়োজন হইলে উপরোক্ত HI-কে P_2O_5 দ্বারা শুষ্কীকরণ করিয়া পারদপূর্ণ গ্যাসজারে সংগ্রহ করা হয়।

HI-এর জলীয় দ্রবণ প্রস্তুতির প্রয়োজন হইলে HI-কে HBr, HCl প্রভৃতির ন্যায় একটি বিশেষ ব্যবস্থা অবলম্বন করিয়া জলে দ্রবীভূত করা হয়।

3. H_2S বা SO_2, I_2-এর জলীয় দ্রবণে চালনা করিলে সালফারের অধঃক্ষেপ-সহ জলীয় দ্রবণে HI উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন দ্রবণটিকে পরিস্রাবণ করিয়া পরিস্রুৎটিকে পাতন করিলে HI-এর জলীয় দ্রবণ পাওয়া যায়—

$$H_2S+I_2=2HI+S$$

$$SO_2+I_2+2H_2O=H_2SO_4+2HI$$

আয়োডাইড আয়ন, I^-, অতি সহজেই জারিত হয়। সেইজন্য আয়োডাইড লবণ ও H_2SO_4-এর বিক্রিয়ায় HI প্রস্তুত করা যায় না। কারণ, উৎপন্ন HI, H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়ায় অবিলম্বে জারিত হইয়া আয়োডিনে পরিণত হয়—

$$2NaI + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HI\ ;$$

$$2HI + H_2SO_4 = 2H_2O + SO_2 + I_2$$

হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের ধর্ম : ভৌত ধর্ম :

হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড বায়ু অপেক্ষা ভারী, বর্ণহীন ও কটুগন্ধী গ্যাস। ইহা আর্দ্র বাতাসে ধূমায়িত হইতে থাকে। ইহা জলে অত্যন্ত দ্রবণীয়। 10°C তাপমাত্রায় 1 সি সি. জলে প্রায় 425 সি.সি. HBr গ্যাস দ্রব হয়। ইহা 0°C. উষ্ণতায় ও 4—বায়ুচাপে তরলীভূত হইয়া থাকে। ইহার নিত্য স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রণে HI-র ভাগ 57% এবং ইহার স্ফুটনাঙ্ক 127°C

1. হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড উত্তাপ ও আলোকের সান্নিধ্যে উপাদান মৌলগুলিতে বিয়োজিত হইয়া থাকে : $2HI \rightleftharpoons H_2 + I_2$

2. বায়ু বা অক্সিজেনের সহিত মিশ্রিতাবস্থায় HI দ্রুত আয়োডিনে বিয়োজিত হইতে থাকে বলিয়া বায়ুতে উন্মুক্ত হাইড্রায়োডিক অ্যাসিডের দ্রবণ বাদামীবর্ণ ধারণ করে : $4HI + O_2 = 2H_2O + 2I_2$

3. HI-এর জলীয় দ্রবণ তীব্র অম্লরূপে H^+ আয়নে বিয়োজিত হইতে থাকে—

$$HI \rightleftharpoons H^+ + I^-$$

তীব্র অম্লরূপে HI গ্যাস ক্ষার ও ক্ষারককে প্রশমিত করিয়া আয়োডাইড শ্রেণীর লবণ উৎপন্ন করে : $KOH + HI = KI + H_2O$

4. দ্রাব্য ধাতব লবণের সহিত HI আয়োডাইড লবণ উৎপন্ন করে। লেড, মার্কিউরাস, মার্কিউরিক, কিউপ্রাস ও সিলভার লবণের সহিত হাইড্রায়োডিক অ্যাসিড অদ্রাব্য আয়োডাইড অধঃক্ষেপ উৎপন্ন করে—

$$AgNO_3 + HI = AgI + HNO_3$$

$$Pb(NO_3)_2 + 2HI = PbI_2 + 2HNO_3$$

$$HgCl_2 + 2HI = HgI_2 + 2HCl$$

5. HI একটি উত্তম বিজারক পদার্থ $[2I^- - 2e \rightarrow I_2]$; Cl, Br, নাইট্রাস্ অ্যাসিড, ফেরিক ও কিউপ্রিক লবণ, হাইড্রোজেন পারক্সাইড, ওজোন, নাইট্রিক অ্যাসিড, পটাশিয়ম ডাইক্রোমেট, পটাশিয়ম পারম্যাংগানেট প্রভৃতি, HI-এর দ্বারা সহজেই বিজারিত হয়—

$2HI + Cl_2 = 2HCl + I_2$; $2HI + Br_2 = 2HBr + I_2$

$2HI + 2HNO_2 = 2H_2O + I_2 + 2NO$;

$2HI + 2FeCl_3 = 2FeCl_2 + 2HCl + I_2$;

$6HI + 2HNO_3 = 3I_2 + 4H_2O + 2NO$;

$4HI + 2CuSO_4 = I_2 + Cu_2I_2 + 2H_2SO_4$

$6HI + K_2Cr_2O_7 + 5H_2SO_4$

$= 3I_2 + 2KHSO_4 + Cr_2(SO_4)_3 + 7H_2O$;

$2HI + O_3 = I_2 + H_2O + O_2$

$10HI + 2KMnO_4 + 4H_2SO_4$

$= 5I_2 + 2KHSO_4 + 2MnSO_4 + 8H_2O$

[$2MnO_4^- + 10I^- + 16H^+ \rightarrow 2Mn^{2+} + 8H_2O + 5I_2$

H_2SO_4-এর বিভিন্ন শক্তি মাত্রার উপর নির্ভর করিয়া HI বিভিন্ন প্রকারের বিক্রিয়া করিয়া থাকে। $H_2SO_4 + 2HI = I_2 + 2H_2O + SO_2$;

$H_2SO_4 + 6HI = 3I_2 + 4H_2O + S$;

$H_2SO_4 + 8HI = 4I_2 + 4H_2O + H_2S$.

নিরীক্ষা :

1. HI-এর সহিত H_2SO_4 যোগ করিলে আয়োডিন উৎপন্ন হয়,
2. HI-এর সহিত $AgNO_3$ দ্রবণ যোগ করিলে হলুদ বর্ণের অদ্রাব্য AgI-এর অধঃক্ষেপ পাওয়া যায়,
3. HI ও CS_2 মিশ্র লইয়া, ক্লোরিন জলের সহিত ঝাঁকাইলে, আয়োডিন বিমুক্ত হইয়া CS_2-স্তরটিকে বেগুনীবর্ণ করে।
4. HI ও ষ্টার্চের দ্রবণ লইয়া ক্লোরিন-জলের সহিত ঝাঁকাইলে আয়োডিন বিমুক্ত হইয়া ষ্টার্চ দ্রবণকে নীল করে।

ব্যবহার :

1. বহু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় বিশেষতঃ জৈব রাসায়নিক বিক্রিয়ায়, বিজারক পদার্থরূপে HI ব্যবহৃত হয়,
2. HI আয়োডাইড লবণ প্রস্তুতিতে ব্যবহার হয় ; আয়োডাইড লবণগুলি ফটোগ্রাফী, ঔষধ প্রভৃতিতে ব্যবহার হয়।

হ্যালোজেন হাইড্রাসিড : (1) বিশুদ্ধ HCl, HBr, HI অ্যাসিড সবই সমযোজী যৌগ, তরল অবস্থায় তড়িত পরিবহন করেনা এবং জৈব দ্রাবকে প্রায়

অদ্রাব্য। জলীয় দ্রবণে উহারা প্রায় সম্পূর্ণ আয়নিত হইয়া যায়; সুতরাং তীব্র অম্ল। তবে জলীয় দ্রবণে উহাদের শক্তির মাত্রাভেদ বুঝা যায় না। (i) জলেতর দ্রাবকে শক্তির মাত্রা HI>HBr>HCl। Br_2 ও I_2 অপেক্ষা, Cl_2 অধিকতর তড়িৎ ঋণাত্মক; কিন্তু আম্লিক শক্তির মাত্রা নিরূপণে HCl হইতে HI পর্যন্ত যৌগ সমূহের ক্রমহ্রাসমান বন্ধন শক্তিই (bond energy) মুখ্য ভূমিকা গ্রহণ করে। (ii) আণবিকভার বৃদ্ধির সঙ্গে উহাদের স্থায়িত্ব কমিতে থাকে। (iii) উহারা সবই বিজারক; বিজারণ ক্ষমতা HI>HBr>HCI বৃদ্ধি পায়। HBr ও HI উভয়েই H_2O_2 দ্বারা জারিত হয়, কিন্তু HCl নয়। HCl-এর জারণে অধিকতর শক্তিশালী জারক পদার্থ, যথা $KMnO_4$, দরকার; I^- আয়ন সবচেয়ে বড় হওয়ায় উহা সবচেয়ে তাড়াতাড়ি ইলেকট্রন পরিত্যাগ করিয়া জারিত হয়।

হ্যালোজেন হাইড্রাসিডের ভৌত ও রাসায়নিক ধর্মের ক্রম-পরিবর্তনের একটি তুলনামূলক চিত্র ঃ

	HCl	HBr	HI
ভৌত অবস্থা গন্ধ, বর্ণ;	বর্ণহীন, ঝাঁঝালো গন্ধযুক্ত গ্যাস	বর্ণহীন তীব্র গন্ধযুক্ত গ্যাস	স্বচ্ছ, বর্ণহীন গন্ধযুক্ত গ্যাস
গলনাঙ্ক °C	−114·2	−86·9	−50·8
স্ফুটনাঙ্ক °C	−85	−66·7	−35·4
জলেদ্রাব্যতা গ্রাম/লিটার	823	2212	2483
নিত্য স্ফুটনাঙ্ক মিশ্রের সংযুতি ও স্ফুটনাঙ্ক °C	20·2% 108·5	47·8% 126	57% 127
হাইড্রোজেন বন্ধনী	হাইড্রোজেন বন্ধনী দ্বারা	বহুগুণিত (associatied) নয়	
অ্যাসিডের তীব্রতা	বৃদ্ধি পাইতে থাকে	→	
বিযোজন তীব্রতা % M/10 দ্রবণে	92	93	95
বন্ধনশক্তি KI/মৌল	431	366	299
	→ হ্রাস পাইতে থাকে →		
স্থায়িত্ব	1500°C স্থায়ী	800°C পর্যন্ত স্থায়ী	150°C পর্যন্ত স্থায়ী (AgI)
	→ বৃদ্ধি পাইতে থাকে →		
জারণ-স্বাচ্ছন্দ্য : $KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$, HNO_3	Cl_2 এ জায়িত হয়	Br_2 জারিত হয়;	I_2 এ জারিত হয়।
H_2SO_4, H_2O_3	কোন বিক্রিয়া হয় না	Br_2 এ জারিত হয়	I_2এজারিত হয়।
Cu (ii), Fe (iii) লবণের	কোন বিক্রিয়া হয় না	Br_2 এ জারিত হয়	I_2 এ জারিত হয়।
দ্রবণ, HNO_3	কোন বিক্রিয়া হয় না	কোন বিক্রিয়া হয় না	I_2 এ জারিত হয়।
$AgNO_3$ দ্রবণ	দই-এর মত সাদা (AgCl) অধঃক্ষেপ পড়ে HNO_3 এ অদ্রাব্য NH_4OHএ দ্রব	ঈষৎ হলুদ বর্ণের AgBr-র অধঃক্ষেপ পড়ে HNO_3-এ অদ্রাব্য NH_4OH-এ ধীরে ধীরে দ্রব হয়	হলুদ বর্ণের (AgI) অধঃক্ষেপ পড়ে NH_4OH-এ অদ্রাব্য

অনুশীলনী

1. হাইড্রাইড কাহাকে বলে? সংকেত সহ কয়েকটি হাইড্রাইডের নাম লিখ। নাইট্রোজেনের একটি হাইড্রাইডের প্রস্তুতি, ধর্ম ও ব্যবহার লিখ।

2. প্রয়োজনানুযায়ী সমীকরণ সহ নিম্নলিখিতগুলির উপর অ্যামোনিয়ার বিক্রিয়া লিখ :

HCl, Na, Mg, Pb,

3. পরীক্ষাগারে ফসফিন গ্যাস কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? ফসফিনের কয়েকটি প্রধান প্রধান ধর্মের আলোচনা কর।

4. সালফিউরেটেড হাইড্রোজেন কিরূপে প্রস্তুত হয়? H_2S-এর প্রাকৃতিক উৎস কি? বিশুদ্ধ H_2S কিরূপে পাওয়া যায়?

5. পরীক্ষাগারে ইচ্ছানুযায়ী H_2S পাইতে হইলে কি প্রণালী অবলম্বন করা হয়? চিত্রাঙ্কণ সহ বিক্রিয়ার কার্য প্রণালী লিখ।

6. পরীক্ষাগারে হাইড্রোক্লোরিক অ্যাসিড কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? উহা কিরূপে সংগ্রহ করা হয়? HCl-এর কয়েকটি প্রধান প্রধান ধর্ম ও উহার ব্যবহার লিখ।

7. সমীকরণ ও ব্যাখ্যা সহ নিম্নলিখিতগুলির উপর HCl-এর বিক্রিয়া লিখ :

Zn, $NaOH$, Na_2CO_3, Na_2SiO_3, $Pb(NO_3)_2$

8. আয়তন মাত্রিক প্রণালীতে HCl-এর সংযুতি লিখ।

9. পরীক্ষাগারে হাইড্রোব্রোমিক অ্যাসিড কিরূপে প্রস্তুত হয়? নিম্নলিখিতগুলির উপর HBr-এর বিক্রিয়া লিখ :

H_2SO_4, O_2, $AgNO_3$

সপ্তম পরিচ্ছেদ

কতিপয় যৌগের শিল্পোৎপাদন

(Manufacture of some important compounds)

অ্যামোনিয়া

উচ্চচাপে ও তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের প্রত্যক্ষ সংযোগে অ্যামোনিয়া উৎপন্ন হয়। অ্যামোনিয়ার এই সংশ্লেষণ পদ্ধতি হেবার পদ্ধতি নামে আখ্যাত। প্রথম মহাযুদ্ধের সময়ে জার্মানীতে হেবার প্রণালীতে অ্যামোনিয়ার শিল্পোৎপাদন-পদ্ধতি উদ্ভাবিত হয়।

$$N_2 \quad + \quad 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 \quad + \quad 22{\cdot}800 \text{ ক্যালরি}$$

1 আয়তন, 3 আয়তন 2 আয়তন ∴ সংকোচন = 2 আয়তনের

সমীকরণ হইতে সহজেই বুঝা যায়—

(ক) বিক্রিয়াটি উভমুখী; (খ) তাপদায়ী এবং বিক্রিয়ার ফলে আয়তনের সংকোচন ঘটে। কাজেই অধিক পরিমাণে অ্যামোনিয়া উৎপাদন করিতে হইলে,

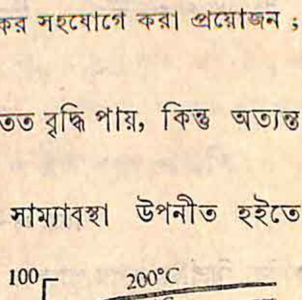
(ক) বিক্রিয়াগুলির উপর উচ্চতাপ প্রয়োগ করা প্রয়োজন,

(খ) বিক্রিয়াটি নিম্ন তাপমাত্রায় ও উপযুক্ত অনুঘটকের সহযোগে করা প্রয়োজন;

(গ) বিক্রিয়কগুলির মাত্রা নিয়ন্ত্রণ করা প্রয়োজন।

চাপ যত বাড়ান যায়, উৎপন্ন অ্যামোনিয়ার পরিমাণ তত বৃদ্ধি পায়, কিন্তু অত্যন্ত বেশীচাপ প্রয়োগ করা ব্যয়বহুল

নিম্ন উষ্ণতায় বিক্রিয়ার গতি এত মন্থর যে বিক্রিয়ার সাম্যাবস্থা উপনীত হইতে সুদীর্ঘ সময় লাগে, শিল্পোৎপাদন ক্ষেত্রে তাহা অর্থহীন। উচ্চতাপমাত্রায় বিক্রিয়ার হার দ্রুততর হয় বটে, কিন্তু উচ্চতাপমাত্রায় অ্যামোনিয়া বিয়োজিত হইয়া যায়।



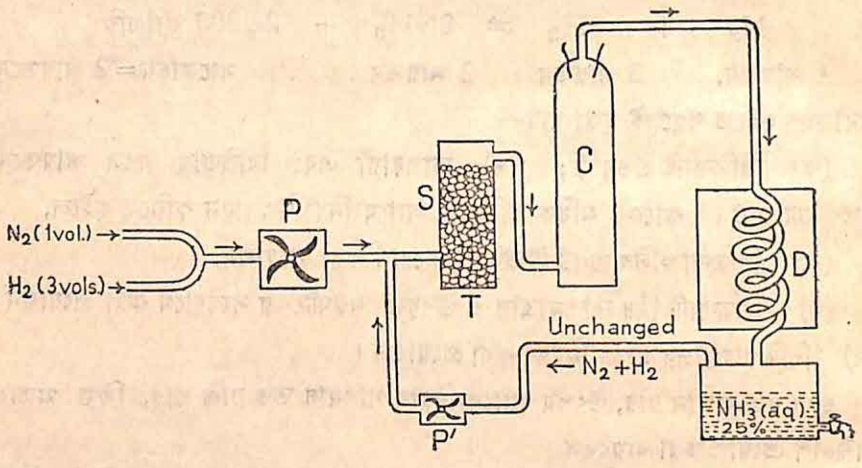
চিত্র, ৪৩

সেইজন্য উপযুক্ত উষ্ণতা ও উচ্চচাপে বিক্রিয়াটি নিষ্পন্ন করিতে হয়। বিভিন্ন পরীক্ষা হইতে দেখা গিয়াছে, অ্যামোনিয়ার উৎপাদনের পরিমাণ কম হইলেও (i) অনুঘটকের উপস্থিতিতে (ii) 200 অ্যাটমস্ফিয়ার চাপ ও (iii) 550°C তাপমাত্রা এই বিক্রিয়ার অনুকূলতম বা অপ্টিমাম (optimum) অবস্থা। অনুঘটক রূপে সূক্ষ্ম লৌহচূর্ণ ও তাহার সহিত

উদ্দীপক (promoter) হিসাবে K_2O ও Al_2O_3-এর মিশ্রণ থাকে। নাইট্রোজেন ও হাইড্রোজেনের আয়তনের অনুপাত 1 : 3 থাকা দরকার এবং উহা বিশুদ্ধ হওয়া বিধেয়; অন্যথায় অ্যামোনিয়া কলুষ পূর্ণ হইবে এবং অনুঘটকও বিনষ্ট হইবে। কোন কোন ক্ষেত্রে 100 হইতে 120 অ্যাটমস্ফিয়ার চাপও ব্যবহৃত হইয়া থাকে। বর্তমানে অধিকাংশ NH_3-ই 350 বায়ুমণ্ডলীয় চাপে ও 500°C উচ্চতায় উৎপাদন করা হয়। (চিত্র, ৪৩)

হেবার পদ্ধতি :

প্রণালীটির বর্ণনা—বিশুদ্ধ নাইট্রোজেন (তরল বায়ু হইতে উৎপন্ন) ও বিশুদ্ধ হাইড্রোজেন (জলের তড়িৎ বিশ্লেষণ হইতে উৎপন্ন অথবা প্রডিউসার ও ওয়াটার গ্যাসের মিশ্র হইতে বিশেষ প্রণালীতে প্রাপ্ত) আয়তন 1 : 3 অনুপাতে মিশ্রিত



চিত্র, ৪৪—হেবার প্রণালীতে অ্যামোনিয়া প্রস্তুতি

করিয়া মিশ্রটির উপর পাম্পের (P) সাহায্যে 200 বায়ুচাপ প্রয়োগ করা হয়। পরে শুদ্ধীকরণ* প্রকোষ্ঠের (S) মধ্যদিয়া মিশ্রটি একটি অনুঘটক প্রকোষ্ঠে (C) প্রবেশ করে।

অনুঘটকরূপে থাকে সূক্ষ্ম লৌহচূর্ণ ও তাহার সহিত উদ্দীপকরূপে K_2O ও Al_2O_3। অনুঘটকের উষ্ণতা 500—550°C রাখা হয়। অনুঘটকের সান্নিধ্যে [চাপ ও তাপমাত্রায়] মিশ্রণের শতকরা প্রায় 12 ভাগ অ্যামোনিয়াতে পরিণত হয়। অনুঘটক প্রকোষ্ঠ হইতে বিনির্গত গ্যাসগুলিকে (N_2, H_2 ও NH_3) তখন একটি শীতক কুণ্ডলীর (D) মধ্য দিয়া চালিত করা হয় ; ফলে অ্যামোনিয়া সহজেই তরলে ঘণীভূত হইয়া

*শুদ্ধী করণ প্রকোষ্ঠটি সোডা লাইম দ্বারা পূর্ণ থাকে

যায়। অপরিবর্তিত N_2 ও H_2 কে পুনরায় পাম্পের (P′) সাহায্যে চাপ দিয়া শুষ্কীকরণ প্রকোষ্ঠের মাধ্যমে অনুঘটক প্রকোষ্ঠে চালিত করা হয় এবং এইরূপে প্রক্রিয়াটি অবিরত চলিতে থাকে।

এশিয়ার বৃহত্তম ভারতের সিন্ত্রী সারোৎপাদন কারখানায় প্রত্যহই প্রচুর পরিমাণ অ্যামোনিয়া উৎপাদন হয়। অ্যামোনিয়া উৎপাদনে হেবার প্রণালীই সামান্য সংশোধিত আকারে অনুসৃত হইয়া থাকে। কাঁচামাল হিসাবে কোক, জল ও বাতাস ব্যবহৃত হয়।

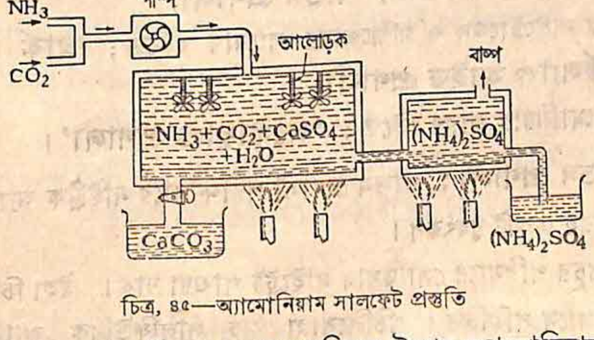
লোহিত তপ্ত কোকের উপর দিয়া বায়ু পরিচালনা করিলে প্রডিউসার গ্যাস (N_2 ও CO র সমআয়তনিক মিশ্রণ) এবং লোহিততপ্ত কোকের উপর দিয়া ষ্টীম পরিচালনা করিলে ওয়াটার গ্যাস (CO ও H_2 র সমআয়তনিক মিশ্রণ) পাওয়া যায়।

$$C + \text{বায়ু} = CO + N_2\ ;\ C + H_2O\ (\text{ষ্টীম}) = CO + H_2.$$

প্রডিউসার ও ওয়াটার-গ্যাসকে সঠিক অনুপাতে মিশাইয়া উহার সহিত অতিরিক্ত ষ্টীম সহযোগে মিশ্রণটি 450°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত অনুঘটক Fe_2O_3 ও Cr_2O_3 এর মিশ্রণ অনুঘটকের মধ্যদিয়া চালনা করিলে গ্যাসমিশ্রণের CO, CO_2-এ জারিত হয় ঃ $CO + H_2O = CO_2 + H_2$ এক্ষণে গ্যাস মিশ্রণে N_2, H_2, CO_2, ষ্টীম ও যৎসামান্য CO থাকে। অতঃপর অতিরিক্ত চাপে জলে CO_2 দ্রবীভুত করিয়া উহাকে অপসারিত করা হয় এবং 200 অ্যাটমস্ফিয়ার চাপে অ্যামোনিয়াযুক্ত কপার (I) ফরমেট দ্রবণে CO শোষণ করিয়া লওয়া হয় ; ফলে সবশেষে শুধু মাত্র H_2 ও N_2 পাওয়া যায়, এই N_2 ও H_2-র মিশ্রণই নিরুদণের সাহায্যে শুষ্ক করিয়া অ্যামোনিয়া প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত থাকে।

অ্যামোনিয়া হইতে অ্যামোনিয়াম সালফেট ও ইউরিয়া প্রস্তুতি ঃ

অ্যামোনিয়াম সালফেট $(NH_4)_2SO_4$ ঃ



চিত্র, ৪৫—অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুতি

কয়লার অন্তর্ধুর্মপাতন জাত কিংবা হেবার পদ্ধতিতে উৎপন্ন অ্যামোনিয়াকে সোজাসুজি সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারাপ্রশমিত করিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট পাওয়া যায়।

ক্যালসিয়াম সালফেট (জিপসাম) চূর্ণকে জলের সহিত মিশাইয়া উহার ভিতর দিয়া অ্যামোনিয়া গ্যাস ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাস প্রবাহ চাপযোগে প্রবাহিত করিলে অ্যামোনিয়াম সালফেট উৎপন্ন হয় (চিত্র, ৪৫) এবং ক্যালসিয়াম কার্বনেটের অধঃক্ষেপ পড়ে। $CaCO_3$ কে ছাঁকিয়া লইয়া $(NH_4)_2SO_4$ কেলাসিত করা হয়।

$$2NH_3+CO_2+H_2O+CaSO_4=CaCO_3+(NH_4)_2SO_4$$

আমাদের দেশে প্রচুর পরিমাণে জিপসাম $CaSO_4$, $2H_2O$ বা অ্যানহাইড্রাইট $CaSO_4$ খনিজ পাওয়া যায়। সেইজন্য সিন্দ্রীসার কারখানায় উপরোক্ত প্রণালী অবলম্বন করিয়া প্রচুর পরিমাণে অ্যামোনিয়াম সালফেট প্রস্তুত হইতেছে।

সস্তা অথচ উত্তম সার হিসাবে আমোনিয়াম সালফেটের যথেষ্ট চাহিদা আছে।

ইউরিয়া $CO(NH_2)_2$:

200 অ্যাটমস্ফিয়ার চাপে অ্যামোনিয়া গ্যাস ও কার্বন ডাই-অক্সাইড গ্যাসকে 190°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করিয়া যথেষ্ট পরিমাণ উৎপন্ন ইউরিয়া হয়। প্রক্রিয়াটি অবিরাম চালানো যায়।

$$CO_2+2NH_3\xrightarrow[\text{200 বায়ু চাপ}]{190^\circ C}CO(NH_2)_2+H_2O$$

ইউরিয়া একটি উৎকৃষ্ট সার।

নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন পদ্ধতি

নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতিতে সাধারণতঃ তিনটি প্রণালী অবলম্বিত হয়—

(1) চিলি সল্ট-পিটার হইতে ; **পাতন প্রণালী,**

(2) বায়ুর নাইট্রোজেন ও অক্সিজেনের সংযোগ হইতে ; **আর্ক প্রণালী বা বার্কল্যাণ্ড আইড প্রণালী,**

(3) অ্যামোনিয়ার জারণ হইতে ; **'অস্টোয়াল্ড প্রণালী'।**

১। **পাতন প্রণালী :** পাতন প্রণালী পরীক্ষাগারে নাইট্রিক অ্যাসিড প্রস্তুতির অনুসৃত পদ্ধতিরই একটি বৃহৎরূপ।

চিলিতে প্রচুর পরিমাণে সোডিয়াম নাইট্রেট পাওয়া যায়। ইহা চিলি সল্টপিটার বা চিলিসোরা নামে পরিচিত। চিলিসোরা গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত মিশাইয়া উত্তপ্ত করিলে নাইট্রিক অ্যাসিড পাতিত হইয়া আসে।

$$NaNO_3+H_2SO_4=NaHSO_4+HNO_3$$

২। আর্ক প্রণালী বা বার্কল্যাণ্ড আইড প্রণালী

মূলসূত্র ঃ

অত্যধিক তাপমাত্রায় নাইট্রোজেন ও অক্সিজেন সরাসরি সংযুক্ত হইয়া নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন করে। বিক্রিয়াটি অত্যন্ত তাপগ্রাহী ; $N_2+O_2 \rightleftharpoons 2NO-43200$ ক্যালরি।

উৎপন্ন NO অতিরিক্ত অক্সিজেনের সংযোগে নাইট্রোজেন ডাইঅক্সাইড গঠন করে,

$$2NO+O_2=2NO_2$$

উৎপন্ন NO_2-কে দ্রবীভূত করিলে নাইট্রাস ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়—

$$2NO_2+H_2O=HNO_2+HNO_3$$

উৎপন্ন HNO_2 পরে বিয়োজিত হইয়া অধিক HNO_3 ও NO উৎপন্ন করে এবং NO-কে পুনরায় NO_2-রূপে পূর্বের ন্যায় পরিবর্তিত করা চলে।

$$3HNO_2=HNO_3+H_2O+2NO \; ; \; 2NO+O_2=2NO_2$$

বার্কল্যাণ্ড ও আইড 1903 খ্রীষ্টাব্দে প্রচুর পরিমাণে N_2 এবং O_2-এর সংযোগ সাধন ও নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন সম্ভব করিয়া তুলেন।

এই প্রণালী বায়ু ও জল হইতে প্রত্যক্ষভাবে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদনের প্রণালী বলিয়া ইহা আপাত দৃষ্টিতে সুলভ বটে কিন্তু প্রণালীটিতে প্রচুর বিদ্যুৎ শক্তির প্রয়োজন বলিয়া যে যে দেশে বিদ্যুৎশক্তি সুলভ নহে সে সকল দেশে ইহা প্রয়োগ করা ব্যয়বহুল। বর্তমানকালে অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড উৎপাদন সর্বাপেক্ষা সুলভ ও সহজ সাধ্য প্রণালী এবং আর্কপ্রণালী প্রায় সর্বত্রই পরিত্যক্ত হইয়াছে।

৩। অ্যামোনিয়া হইতে নাইট্রিক অ্যাসিড ঃ অস্টোয়াল্ড প্রণালী ঃ

অ্যামোনিয়া অক্সিজেন দ্বারা জারিত হইয়া উত্তপ্ত Pt-জালি অনুঘটকের সাহায্যে নাইট্রিক অক্সাইডে পরিবর্তিত হয়। বাতাস হইতে বিশুদ্ধ অক্সিজেন ও হেবার পদ্ধতি সঞ্জাত অ্যামোনিয়া (12%) লওয়া হয়।

$$4NH_3+5O_2=4NO+6H_2O$$

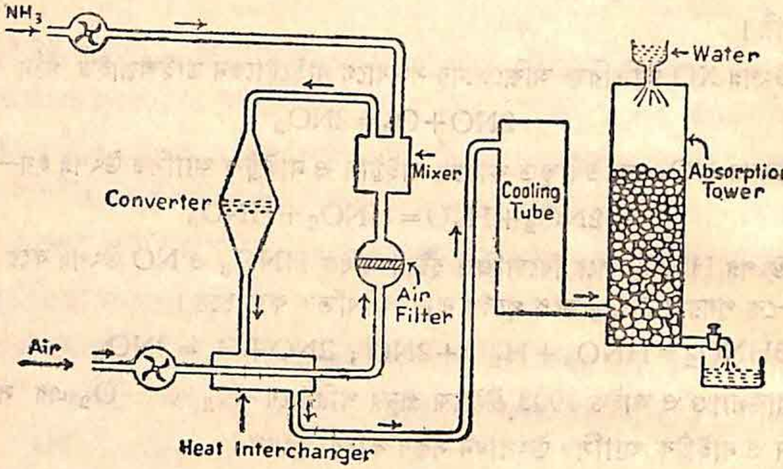
$$2NO+O_2=2NO_2 \; ; \; 2NO_2+H_2O=HNO_2+HNO_3$$

$$3HNO_2=HNO_3+2NO+H_2O$$

প্রণালী ঃ

বিশোধিত বায়ু ও অ্যামোনিয়ার একটি মিশ্রণ [9 ঃ 1 আয়তনের অনুপাতে] লইয়া দ্রুতভাবে একটি প্রভাবক প্রকোষ্ঠে (Convetter) চালিত করা হয়;; অনুঘটকের সহিত মিশ্রণের সংস্পর্শ ক্ষণ 0'03 সেকেণ্ডের কম হইবে ; অন্যথায় NO, N_2 ও O_2-তে

বিয়োজিত হইয়া যায়। প্রভাবক প্রকোষ্ঠটি অ্যালুমিনিয়ম ধাতুনির্মিত ও উহার মধ্যে কয়েকটি প্লাটিনাম তারজালি বিস্তৃত থাকে সমগ্র প্রকোষ্ঠটি বিক্রিয়ার প্রারম্ভে 750°–900°C উত্তপ্ত করিয়া লওয়া হয়। NH_3 ও অক্সিজেন প্লাটিনাম



চিত্র, ৪৬—অস্টোয়াল্ড পদ্ধতিতে HNO, প্রস্তুতি

প্রভাবকের সান্নিধ্যে NO উৎপন্ন করে; অ্যামোনিয়ার শতকরা 90 ভাগেরও বেশী NO-তে পরিণত হয়। বিক্রিয়াটি তাপদায়ী বলিয়া উৎপন্ন তাপ হইতেই প্রকোষ্ঠটি পরবর্তী সময়ে উত্তপ্ত থাকে।

নাইট্রিক অক্সাইড উৎপন্ন হইবার পর উহাকে দ্রুত ঠাণ্ডা করা হয় এবং শীতল NO পরিবর্তী একটি প্রকোষ্ঠে অতিরিক্ত অক্সিজেনের সহিত জারিত হইয়া NO_2 উৎপন্ন করে। উৎপন্ন NO_2-কে তখন একটি শোষকস্তম্ভের মধ্য দিয়া চালিত করিয়া ও স্তম্ভের উপর হইতে শীতল জলের ধারাপাত করিয়া উহাকে শোষিত করিলে স্তম্ভ-নিম্নের সংগ্রাহকে লঘু HNO_3 পাওয়া যায়। অতিরিক্ত অশোষিত NO_2-কে ক্ষার-দ্রবণে শোষণ করিয়া নাইট্রেট লবণ উৎপন্ন করা হয় (চিত্র, ৪৬)।

এই প্রণালীটি সহজসাধ্য ও সুলভতম বলিয়া বর্তমানে অধিকাংশ HNO_3 অ্যাসিডই এই পদ্ধতিতে প্রস্তুত হইয়া থাকে।

সালফিউরিক অ্যাসিডের শিল্পোৎপাদন

সালফিউরিক অ্যাসিড প্রধানতঃ দুইটি প্রণালীতে শিল্পোৎপন্ন হইয়া থাকে; যথা—

১। প্রকোষ্ঠ প্রণালী ও (২) সংস্পর্শ প্রণালী

উভয় প্রণালীতেই সালফিউরিক অ্যাসিডের উৎপাদনে প্রথমতঃ সালফার বা পিরাইটিজ দহন করিয়া সালফার ডায়কসাইড প্রস্তুত করা হয়। পরে উৎপন্ন সালফার ডায়কসাইডের সহিত বায়ুর সংযোগের পদ্ধতিভেদে সালফার ট্রায়কসাইড প্রস্তুত করা হয়। সর্বশেষে উৎপন্ন সালফার ট্রায়কসাইডকে জলে দ্রবীভূত করিলে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপন্ন হয়।

স্পর্শ পদ্ধতি (Contact Process) :

সালফার ডাই-অক্সাইড ও বায়ুর (বা অক্সিজেন) মিশ্রণ উত্তপ্ত প্লাটিনামযুক্ত অ্যাসবেস্টস অথবা ভ্যানাডিয়াম পেণ্টক্সাইড (Vanadium pentoxide, V_2O_5) বা সিলিকাজেল অনুঘটকের উপর দিয়া পরিচালিত করিলে উহাদের রাসায়নিক সংযোগ ঘটিয়া সালফার ট্রাই-অক্সাইড উৎপন্ন হয়। উৎপন্ন SO_3-কে গাঢ় সালফিউরিক অ্যাসিডে (98%) শোষণ করানো হয়; উহাতে ধীরে ধীরে উপযুক্ত পরিমাণে জল মিশাইলে প্রায় 100% H_2SO_4 পাওয়া যায়।

$S+O_2=SO_2$; $2SO_2+O_2 \rightleftharpoons 2SO_3+45200$ ক্যালোরি।

$SO_3+H_2SO_4=H_2S_2O_7$; $H_2S_2O_7+H_2O=2H_2SO_4$

সালফার ডাই-অক্সাইডের জারণই প্রকৃতপক্ষে সালফিউরিক অ্যাসিড উৎপাদনের মুখ্য বিক্রিয়া। বিক্রিয়াটি (i) তাপদায়ী, (ii) বিক্রিয়ার ফলে বিক্রিয়ক গ্যাসের আয়তনের সংকোচন ঘটে এবং (iii) উহা উভমুখী।

কাজেই বিক্রিয়াটি কম উষ্ণতায় ও উচ্চচাপে সম্পন্ন করা বিধিসম্মত।

(i) কম উষ্ণতায় SO_3-এর পরিমাণ বেশী পাওয়া গেলেও বিক্রিয়ার হার খুব মন্থর এবং সুদীর্ঘ সময়ের প্রয়োজন হয়। শিল্পোৎপাদনে ইহা অবাঞ্ছনীয়। উষ্ণতা বৃদ্ধিতে SO_3-এর পরিমাণ কম হয় বটে কিন্তু বিক্রিয়াটি দ্রুত সম্পন্ন হয়, আবার খুব বেশী তাপমাত্রায় SO_3-এর বিয়োজন ঘটে ও অনুঘটকের কার্যকারিতা নষ্ট হয়।

(ii) বিক্রিয়ার ফলে গ্যাসের আয়তন হ্রাস পায় বলিয়া বিক্রিয়াটি যত বেশী চাপে করা যায় নীতি অনুসারে SO_3 তত বেশী পাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। তবুও এই বিক্রিয়া উচ্চচাপে করা হয় না। কেননা চাপবৃদ্ধিজনিত ব্যয় অনুযায়ী SO_3-এর উৎপাদন হয় না। বিক্রিয়াটি সাধারণতঃ 1 : 5 বায়ুচাপে নিষ্পন্ন করা হয়। পরীক্ষা করিয়া দেখা গিয়াছে যে প্লাটিনাম চূর্ণের সান্নিধ্যে 440°—450°C তাপমাত্রায় আশানুরূপ দ্রুত প্রায় 98% সালফার ট্রাই-অক্সাইড প্রস্তুত হয়।

এই প্রণালীতে সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতিতে নিম্নোক্ত শর্তগুলি পালনীয়—

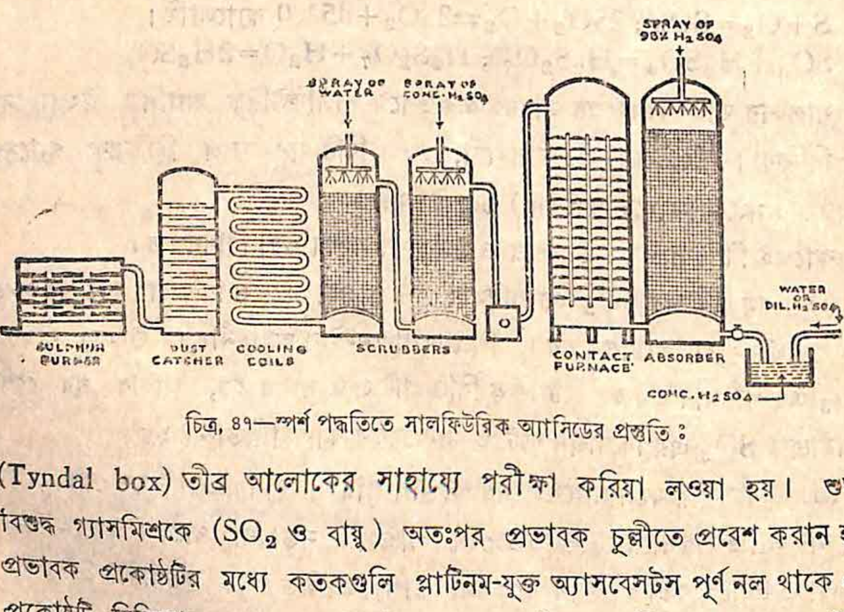
(1) SO_2 ও বায়ুর মিশ্র বিশুদ্ধ হওয়া প্রয়োজন ; নতুবা অনুঘটক বিনষ্ট হইয়া যায়,

(2) প্রভাবকের উষ্ণতা 450-500° সেন্টিগ্রেডের মধ্যে সীমাবদ্ধ রাখা প্রয়োজন এবং বিক্রিয়াটি 1·5 বায়ু চাপে সম্পন্ন করা হয়,

(3) উৎপন্ন SO_3-কে দ্রবীভূত করিতে দ্রাবকরূপে গাঢ়-H_2SO_4-এর গাঢ়তা 98%-এর মধ্যে থাকা প্রয়োজন।

প্রস্তুতি:

একটি চুল্লীতে অতিরিক্ত বায়ুপ্রবাহে বিশুদ্ধ সালফার পোড়াইয়া SO_2 উৎপন্ন করা হয়। চুল্লী হইতে যে গ্যাস বাহির হইয়া আসে, তাহাতে মোটামুটি $SO_2-7\%$ $O_2-10\%$, ও $N_2-83\%$ থাকে। এই মিশ্রকে একটি প্রকোষ্ঠের ভিতর দিয়া প্রবাহিত করা হয়। প্রকোষ্ঠটিতে উপর হইতে ষ্টীম চালনা করা হয়; ফলে, গ্যাস মিশ্রবাহিত ধূলিকণা ইত্যাদি দূরীভূত হয়। অপেক্ষাকৃত বিশুদ্ধ গ্যাস মিশ্রকে তখন পার্শ্ববর্তী একটি প্রকোষ্ঠে উপর হইতে জলের ধারাপাত করিয়া ধৌত ও শীতল করা হয় এবং শীতল গ্যাস মিশ্রকে পরবর্তী একটি প্রকোষ্ঠে উপর হইতে গাঢ়-H_2SO_4-এর ধারাপাত করিয়া শুষ্কীকরণ করা হয়। গ্যাস মিশ্রের বিশুদ্ধতা টিণ্ডাল বাক্সে



চিত্র, ৪৭—স্পর্শ পদ্ধতিতে সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি :

(Tyndal box) তীব্র আলোকের সাহায্যে পরীক্ষা করিয়া লওয়া হয়। শুষ্ক ও বিশুদ্ধ গ্যাসমিশ্রকে (SO_2 ও বায়ু) অতঃপর প্রভাবক চুল্লীতে প্রবেশ করান হয়; প্রভাবক প্রকোষ্ঠটির মধ্যে কতকগুলি প্লাটিনম-যুক্ত অ্যাসবেসটস পূর্ণ নল থাকে এবং প্রকোষ্ঠটি বিক্রিয়ার প্রথমাংশে 500° সেণ্টগ্রেডে উত্তপ্ত করিয়া রাখা হয়। উত্তপ্ত প্রভাবকের সান্নিধ্যে SO_2 ও অক্সিজেন সংযুক্ত হইয়া SO_3 উৎপন্ন করে। এই বিক্রিয়াটি তাপদায়ী বিক্রিয়া বলিয়া উৎপন্ন তাপ হইতে পরবর্তী সময়ে প্রভাবক-প্রকোষ্ঠটি উত্তপ্ত হইতে থাকে ও বারংবার উহা উত্তপ্ত করার প্রয়োজন হয় না। (চিত্র, ৪৭)

প্রভাবক প্রকোষ্ঠ হইতে নির্গত SO_3-কে অতঃপর একটি গাঢ় H_2SO_4 (98%) ওজন অনুপাতে পূর্ণ পাত্রে চালিত করা হয় ; SO_3 গাঢ় H_2SO_4-এ দ্রবীভূত হইয়া ধূমায়মান (fuming) সালফিউরিক অ্যাসিডে ($H_2S_2O_7$) পরিণত হয়। উৎপন্ন $H_2S_2O_7$-এ ধীরে ধীরে প্রয়োজনামত জল যোগ করিয়া অ্যাসিডের গাঢ়ত্ব সর্বদা 98% নিত্য রাখা হয়। SO_3-এ সরাসরি জল মিশাইলে কুয়াশার মত অ্যাসিড বিন্দু সৃষ্টি হয়। এই কুয়াশা শোষণ করিয়া লওয়া কষ্টসাধ্য।

প্রাথমিক ব্যয় অধিক হইলেও বর্তমানে H_2SO_4 উৎপাদনে স্পর্শ পদ্ধতি দ্রুত প্রসার লাভ করিতেছে। কারণ (ক) স্পর্শ পদ্ধতির অ্যাসিড (i) গাঢ় ও (ii) বিশুদ্ধ, (খ) অনুঘটকের (i) অপচয় খুবই কম এবং (ii) যান্ত্রিক সরঞ্জাম পরিচালনা করাও সহজতর।

অ্যামোনিয়াম ক্লোরো প্লাটিনেট $(NH_4)_2PtCl_6$ দ্রবণ সিক্ত অ্যাস্‌বেস্টসকে মৃদু তাপিত করিলে প্লাটিনামের সূক্ষ্ম কণা অ্যাসবেসস্টসের উপর সঞ্চিত হয়, তাহাই প্লাটিনাম অ্যাসবেস্টস।

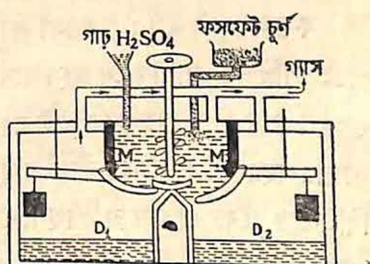
$$(NH_4)_2PtCl_6 = 2NH_3 + 2HCl + 2Cl_2 + 2Pt$$

সুপার ফসফেট অফ্ লাইম (Super phosphate of lime)

প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফসফেট $Ca(H_2PO_4)_2$, অনার্দ্র ক্যালসিয়াম সালফেট ও ফসফরিক অ্যাসিডের মিশ্রণকে সুপার ফসফেট অফ লাইম বলে।

প্রকৃতিজাত ফসফরাস যৌগের অধিকাংশই ক্যালসিয়াম ফসফেট। উহা জলে অদ্রাব্য ; কাজেই সার হিসাবে ব্যবহার অনুপযোগী। কিন্তু প্রাইমারী ক্যালসিয়াম ফসফেট জলে দ্রাব্য সেইজন্য খনিজ ফসফোরাইট প্রভৃতিকে সালফিউরিক অ্যাসিড দ্বারা প্রাইমারী ফসফেটে পরিণত করিয়া তাহা সার হিসাবে ব্যবহার করা হয়।

শিল্প প্রস্তুতি ঃ ফসফোরাইট বা রক ফসফেট খনিজকে চূর্ণ করিয়া উহার সহিত ওজন অনুপাতে $\frac{2}{3}$ ভাগ সালফিউরিক অ্যাসিড [70%, ঘনত্ব 1·5] একটি লৌহ পাত্রে লইয়া আলোড়ক দ্বারা উত্তমরূপে মিশ্রিত করা হয়। কিছুক্ষণের মধ্যেই উহাদের বিক্রিয়া শুরু হয়। অতঃপর মিশ্রণকে তলদেশের একটি নির্গম পথ দিয়া নিম্নস্থ বদ্ধ প্রকোষ্ঠে চালনা করা হয় এবং এই প্রকোষ্ঠে মিশ্রটি অর্ধপূর্ণ করিয়া 24 ঘণ্টা বদ্ধ করিয়া বিক্রিয়া উদ্ভূত তাপে [100°-110°C] রাখিয়া দেওয়া হয়। এই সময়ে খনিজটি সালফিউরিক অ্যাসিডের সহিত বিক্রিয়া করিয়া ধীরে ধীরে, সুপার ফসফেট অফ্‌লাইমে পরিবর্তিত হয় এবং বিক্রিয়ার ফলে CO_2, SiF_4, HI, HCl প্রভৃতি নানা গ্যাসও উত্থিত হইতে থাকে ; গ্যাসের



চিত্র, ৪৮—সুপার ফসফেট অফ্ লাইম প্রস্তুতি

নিষ্ক্রমণ বন্ধ হইবার পর আধারটি হইতে কঠিনীভূত সুপার ফসফেট অফ্ লাইম পাওয়া যায়। এই কঠিন পদার্থটিকে চূর্ণ ও শুষ্ক করিয়া ব্যবহার করা হয়। (চিত্র ৪৮)

$$5Ca_3(PO_4)_2+11H_2SO_4$$
$$=4Ca(H_2PO_4)_2+2H_3PO_4+11CaSO_4$$

সুপার ফসফেট অফ লাইম

H_2SO_4 এর পরিবর্তে H_3PO_4 ব্যবহার করিয়া ট্রিপ্‌ল সুপার ফসফেট (triple super phosphate) করা হয়। ট্রিপ্‌ল সুপার ফসফেটে P_2O_4-র ভাগ 48% আর সুপার ফসফেটে উহার পরিমাণ 16%। ট্রিপ্‌ল সুপার ফসফেটে $CaSO_4$ থাকে না।

$Ca_3(PO_4)_2$-র সঙ্গে H_3PO_4 এর বিক্রিয়ায় ট্রিপ্‌ল সুপার ফসফেট প্রস্তুত হয়।

$$Ca_3(PO_4)_2+4H_3PO_4=3Ca(H_2PO_4)_2$$

ব্যবহার :

শস্যজ উদ্ভিদের পক্ষে ফসফোরাস অপরিহার্য উপাদান বলিয়া খনিজ ফসফোরাইট চূর্ণ বা অস্থিচূর্ণ মাটিতে সার হিসাবে ব্যবহার করিলে ঐ মাটিতে শস্যের দ্রুত ফলন হয়। কিন্তু ফসফোরাইট চূর্ণ বা অস্থিচূর্ণ ধর্মানুযায়ী জলে অদ্রাব্য বলিয়া উহা মাটিতে সার হিসাবে ব্যবহার করিলে অতি অল্প পরিমাণেই উহা উদ্ভিদের ব্যবহারোপযোগী হইয়া থাকে। ফসফেট সার হিসাবে সুপার ফসফেট অফ্ লাইম, অতি উৎকৃষ্ট সার; ইহা ব্যবহার করিলে ইহার অধিকাংশই মৃত্তিকায় মিশিয়া উদ্ভিদের ব্যবহারোপোযোগী হয়।

কোল গ্যাস (Coal gas)

কয়লা (Coal) **:** কয়লা কাঠেরই এক রূপান্তরিত অবস্থা। ইতিহাসের আদি-পর্বে পৃথিবীর নানাস্থানে গহণ বনের সৃষ্টি হয়। ভূকম্পন বা ভূপৃষ্ঠের অন্য কোন রকম বিরাট বিপর্যয়ের ফলে এই সব বড় বড় বন মাটি চাপা পড়ে। তার পর হাজার হাজার বছর ধরিয়া মাটির নীচে বায়ুর অবর্তমানে তাপ ও চাপের প্রভাবে ও জীবাণুর বিক্রিয়ায় বনের চাপাপড়া গাছপালার নানাবিধ রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটিতে থাকে। কাঠ—পিটকয়লা, লিগনাইট বা বাদামী কয়লা, বিটুমিনাস কয়লা প্রভৃতি বিভিন্ন স্তরের মধ্য দিয়া কয়লার রূপান্তরিত হয়। বিভিন্ন প্রকার কয়লাতে কার্বনের পরিমাণ ও তাপনমূল্য (Calorific value) বিভিন্ন।

পিটকয়লা	% কার্বন	তাপনমূল্য *
	58%	8000 (B. T. U)
লিগনাইট কয়লা	66-68%	11,700 B. T. U.
বিটুমিনাস কয়লা	84-88%	13000 "
অ্যানথ্রাইসাইট কয়লা	90-94%	15000 "
কোলগ্যাস		560 " প্রতিঘনফুট।

*[এক পাউণ্ড জলের তাপমাত্রা 1°F বৃদ্ধি করিতে যে পরিমাণ তাপের দরকার হয়, তাহাই B. T. U. একক। এক পাউণ্ড তরল বা কঠিন জ্বালানি কিংবা এক ঘনফুট গ্যাসীয় জ্বালানি যত B. T. U. একক তাপ উৎপাদন করে, তাহাই সেই জ্বালানির তাপনমূল্য এবং যে জ্বালানির তাপন মূল্য বেশী, তাহার দামও বেশী]

বায়ুনিরুদ্ধ পাত্রে কোন কঠিন পদার্থকে খুব উত্তপ্ত করিলে উহার রাসায়নিক বিভাজন ঘটে ; বিভাজন জাত অনুদ্বায়ী অংশ পাত্রে পড়িয়া থাকে এবং উদ্বায়ী অংশ বাষ্পাকারে পাত্র হইতে নির্গত হয়। এই বাষ্প শৈত্য প্রয়োগে অংশতঃ বা পূর্ণতঃ ঘণীভূত হইয়া পাত্রে সঞ্চিত হয়। এই প্রক্রিয়ার নাম **অন্তর্ধূম পাতন বা ধ্বংসাত্মক পাতন**। অন্তর্ধূম পাতন পদার্থের রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে ; উহা উদ্বায়ী ও অনুদ্বায়ী অংশে বিভাজিত হয়। অন্তর্ধূম পাতনে দুইভাবে নিষ্পন্ন হয় : নিম্নতাপমাত্রায় ও উচ্চ তাপমাত্রায়। কয়লার নিম্নতাপমাত্রায় অন্তর্ধূম পাতন বা কার্বনীকরণে (Low temperature Carbonisation) 600—700°C তাপমাত্রা এবং উচ্চ তাপমাত্রার কার্বনীকরণে (high temperature) 1200-1400°C তাপমাত্রা প্রয়োগ করা হয়। নিম্ন ও উচ্চ তাপমাত্রায় কার্বনীকরণের ফলে পদার্থ সমূহের পরিমাণ বিভিন্ন ত হয়ই এমন কি কোন কোনও পাতিত দ্রব্যও বিভিন্ন হয়। বিভিন্ন পদার্থ পরিমাণের গড়পড়তা শতকরা হিসাব নিম্নরূপ :

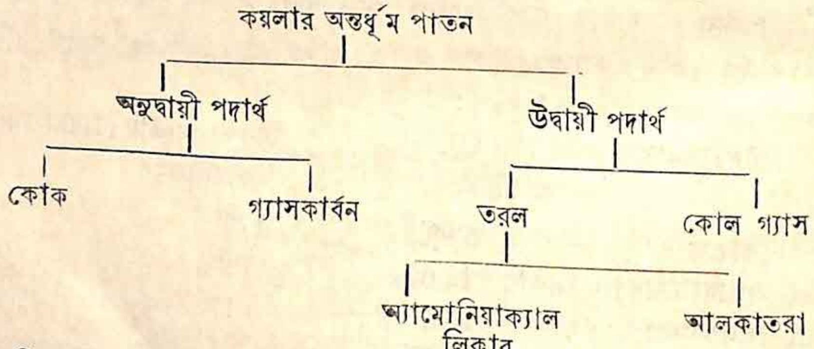
	নিম্নতাপমাত্রায় (600-700°C) কার্বনীকরণ	উচ্চতাপমাত্রায় (1200-1400°C) কার্বনীকরণ
কোলগ্যাস	6·9%	17%
অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার	12·6%	7·9%
আলকাতরা	10%	5·1%
কোক	70·5%	70%

নিম্নতাপমাত্রায় কার্বনীকরণে কোকের পরিমাণ কিছু বেশী, কোলগ্যাসের পরিমাণ অপেক্ষাকৃত কম, কিন্তু টারের পরিমাণ বেশী ; এই টারের তরলে অ্যালিফ্যাটিক (aliphatic) হাইড্রো কার্বনের অনুপাত বেশী থাকে (বেঞ্জিন টলুইন, ন্যাপথলিন প্রভৃতি যৌগ নাই বলিলেই চলে) এবং তাহা মোটর গাড়ীর জ্বালানি হিসাবে ব্যবহার করা হয়। অপর পক্ষে উচ্চতাপমাত্রায় কার্বনীকরণে প্রাপ্ত আলকাতরায় বেঞ্জিন,

টলুইন প্রভৃতি অ্যারোমেটিক যৌগ যথেষ্ট পরিমাণে বর্তমান থাকে। নিম্নতাপমাত্রায় কার্বনীকরণে যে কোক পাওয়া যায় তাহা অপেক্ষাকৃত সুলভ ও সহজদাহ্য, দহনে কোন ধোঁয়া উৎপন্ন হয় না তাই গৃহস্থালীর জ্বালানি বা ইঞ্জিনে ষ্টীম উৎপাদনের জন্য ইহা খব উপযুক্ত। উচ্চতাপমাত্রায় কার্বনীকরণে উদ্ভূত কোক শক্ত (hard coke) এবং উহা ধাতু নিষ্কাশনে প্রচুর পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

যে দেশে পেট্রোলিয়ামের অভাব আছে অথচ কয়লার অভাব নাই সেদেশে নিম্ন-তাপমাত্রায় কয়লার কার্বনীকরণ করিয়া মোটর গাড়ীর জ্বালানি তৈল উৎপন্ন করা হইতেছে। সাধারণতঃ কোল গ্যাস, কোক প্রভৃতি প্রস্তুতির জন্য বিটুমিনাস কয়লাকে উচ্চতাপমাত্রায় অন্তর্ধূম পাতন করা হয়।

কোল গ্যাস হাইড্রোজেন (H_2), মিথেন (CH_4), ইথিলীন (C_2H_4) কার্বন-মনোক্সাইড (CO), নাইট্রোজেন (N_2) প্রভৃতি কতকগুলি গ্যাসের সংমিশ্রণ। বাতাসের অনুপস্থিতিতে বিটুমিনাস (bituminous) বা সাধারণ ব্যবহার্য কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের ফলে কোল গ্যাস উৎপন্ন হয়। সাধারণ কয়লাতে মৌলিক কার্বনের পরিমাণ শতকরা 88 ভাগ; উহার সহিত H_2; N_2, S ইত্যাদির বিবিধ জৈব যৌগও মিশ্রিত আছে। বাতাসের অনুপস্থিতিতে কয়লার অন্তর্ধূম পাতন করিলে এই সকল জৈব পদার্থ বিয়োজিত হইয়া পাতিত হইয়া পৃথক হইয়া আসে এবং উদ্বায়ী অংশ হইতে অনেক মূল্যবান ও প্রয়োজনীয় পদার্থ উদ্ধার করা হয়; সর্বশেষে কোল গ্যাস পাওয়া যায়।



প্রস্তুতি:

অগ্নিসহ মৃত্তিকা নির্মিত বড় বকযন্ত্রে বা প্রকোষ্ঠে (fire clay retorts) কয়লার অন্তর্ধূম পাতন করা হয়। পাতনের ফলে অনুদ্বায়ী পদার্থ হিসাবে (১) **কোক** ও (২) **গ্যাস কার্বন** এবং উদ্বায়ী পদার্থ হিসাবে (১) **অ্যামোনিয়া,** (২) **আলকাতরা** এবং (৩) **কোল গ্যাস** পাওয়া যায়। 20 হইতে 25টি প্রকোষ্ঠ

একসঙ্গে ব্যবহার করা হয় এবং প্রত্যেক প্রকোষ্ঠ দৈর্ঘ্যে 12 ফিট হইতে 15 ফিট, উচ্চতায় 8 ফিট হইতে 10 ফিট ও প্রস্থে 2 ফিট হয়।

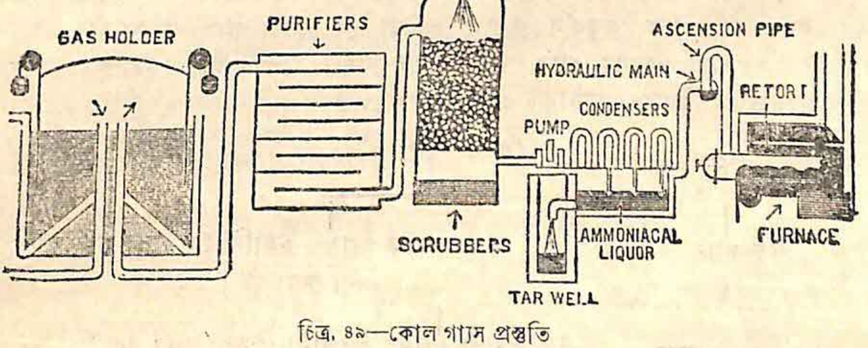
বিবরণ ঃ

(১) নরম বিটুমিনাস কয়লার টুকরা দ্বারা প্রকোষ্ঠের $\frac{3}{4}$ অংশ রিটর্টে ভর্তি করিয়া লওয়া হয় এবং প্রডিউসার গ্যাস সাহায্যে প্রত্যেক প্রকোষ্ঠকে চারিদিক হইতে প্রায় 1000°C উষ্ণতায় উত্তপ্ত করা হয়। প্রকোষ্ঠের চারিদিক মাটির প্রলেপ দিয়া বায়ুরুদ্ধ ভাবে বন্ধ করিয়া দেওয়া হয়।

(২) উৎপন্ন উদ্বায়ী পদার্থসমূহ রিটর্ট বা প্রত্যেক প্রকোষ্ঠ হইতে উর্দ্ধবাহী নির্গম-নল (ascension pipe) দিয়া বাহির হইয়া আসে। অনুদ্বায়ী কোক, প্রকোষ্ঠে বা রিটর্টে পড়িয়া থাকে। কিছুটা কার্বন ঊর্দ্ধপাতিত হইয়া রিটর্ট বা প্রকোষ্ঠের উপরে অভ্যন্তরে কঠিন হইয়া জমা হয়। ইহাই গ্যাস কার্বন।

(৩) নিষ্ক্রান্ত গ্যাসে যথেষ্ট আলকাতরা বাষ্পাকারে এবং CH_4, C_2H_4, CO, NH_3, H_2S, HCN ইত্যাদি বর্তমান থাকে। এই গ্যাসীয় মিশ্রণ বাহির হইয়াই আংশিক জল ভরা পাত্রে, হাইড্রলিক মেইনে (Hydraulic main) প্রবেশ করে এবং জলের ভিতর দিয়া পরিচালিত হয়। ঠাণ্ডা হওয়ার ফলে কিছুটা আলকাতরা এখানে ঘনীভূত হইয়া জমে। সঞ্চিত আলকাতরার পরিমাণ বেশী হইলে উহাকে একটি ট্যাঙ্কে (Tar well) লওয়া হয়।

(৪) হাইড্রলিক মেইন পরিত্যাগ করিয়া গ্যাসীয় মিশ্রণটি পর পর লৌহনির্মিত কতকগুলি শীতক নলের (Condensers) ভিতর দিয়া পরিবাহিত হয়। শীতক নলগুলির সহিত একটি ট্যাঙ্ক সংযুক্ত থাকে। আরও ঠাণ্ডা হওয়ার জন্য আলকাতরার



চিত্র. ৪৯—কোল গ্যাস প্রস্তুতি

সম্পূর্ণ অংশ এবং জলীয় বাষ্প তরলিত হইয়া ট্যাঙ্কে সঞ্চিত হয়। কোন কোন গ্যাস যেমন NH_3 জলে দ্রবীভূত হইয়া ট্যাঙ্কে জমা হয়। ট্যাঙ্কে তরল পদার্থটি দুইটি স্তরে পৃথক হইয়া যায়। উপরের স্তরটি প্রধানতঃ অ্যামোনিয়া এবং অ্যামোনিয়ার লবণ

সমূহের জলীয় দ্রবণ; ইহাকে বলা হয় গ্যাস লিকার বা অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার (Ammoniacal liquor) এবং নীচের স্তরে ঘন (Viscous) কাল তরল পদার্থ আলকাতরারূপে জমা হয়। (চিত্র, ৪৯)

(৫) অতঃপর পাম্পের সাহায্যে বাকী গ্যাস মিশ্রণকে একটি কোকপূর্ণ উচ্চ স্তম্ভের [শোষক স্তম্ভ (Scrubber)]—নিম্নাংশে প্রবেশ করাইয়া উপরের দিকে পরিচালনা করা হয় এবং স্তম্ভের উপর হইতে শীতল জলের ধারা প্রবাহিত করিতে দিয়া গ্যাসটিকে যথাসম্ভব ধৌত করা হয়; ফলে কিছু HCN, H_2S, CO_2 ইত্যাদি এবং NH_3-র বাকী অংশ জলে দ্রবীভূত হইয়া অপসারিত হয়। NH_3 হইতে সম্পূর্ণ বিমুক্ত হইলেও গ্যাসের ভিতর তখনও CS_2, H_2S, HCN, CO_2 ইত্যাদি যৌগ বর্তমান থাকে। গ্যাসে সালফার ঘটিত যৌগ থাকা আপত্তিকর। কাজেই সালফার যৌগকে দূর করিবার জন্য গ্যাসটিকে একটি পরিশোধক স্তম্ভের (purifier) ভিতর দিয়া চালনা করা হয়। স্তম্ভটিতে কয়েকটি তাক (shelf) অনুভূমিকভাবে সজ্জিত থাকে। তাকে (ক) কলিচুন (slaked lime) ও (খ) সোদক ফেরিক অক্সাইড (hydrated ferric oxide) ভিন্ন ভিন্ন স্তরে রাখা হয়। কলিচুন সম্পূর্ণ CO_2 ও কিছু H_2S, CS_2 ও HCN শোষণ করিয়া লয় এবং সোদক ফেরিক অক্সাইড দ্বারা অবশিষ্ট H_2S ও HCN শোষিত হয়। Fe_2O_3, H_2S-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া ফেরিক সালফাইডে (Fe_2S_3) পরিণত হয়। উহাকে স্পেণ্ট অক্সাইড অব আয়রন বলে।

$$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = Fe_2S_3 + 6H_2O$$

এইরূপে অবাঞ্ছিত পদার্থ হইতে পরিশোধিত হওয়ার পর যে গ্যাস পাওয়া যায় তাহাই **কোল গ্যাস** এবং উহাকে বড় বড় ট্যাঙ্কে (গ্যাস-হোল্ডার) সঞ্চিত করিয়া রাখা হয়। কয়লাকে অন্তর্ধূম পাতন করিয়া যে সকল গ্যাস পাওয়া যায় তাহার পরিমাণ, কয়লার ওজনের প্রায় শতকরা 17 ভাগ। কোল-গ্যাসে মিশ্রিত গ্যাসের পরিমাণ আয়তন হিসাবে মোটামুটি এইরূপ :

কোল গ্যাস

- দাহ্য গ্যাস
  - আলোক-প্রদায়ী গ্যাস: C_2H_2, C_2H_4, C_6H_6 ইত্যাদি 2·5-5%
  - তাপ-প্রদায়ী গ্যাস ; জ্বালানী গ্যাস (fuel gas): H_2 43-55%, CH_4 26-35%, CO 4-11%
- অদাহ্য গ্যাস—ইহাদিগকে অপদ্রব্য হিসাবে গণ্য করা হয়। N_2 2—12%, CO_2 3%, O_2 15%

কোল গ্যাসের উপাদানসমূহের পরিমাণ (ক) কয়লার প্রকৃতি ও পাতন উষ্ণতার উপর নির্ভর করে।

কোল গ্যাস উৎপাদনকালে উৎপন্ন উপজাত দ্রব্যসমূহ:

(১) **আলকাতরা**—ইহা একটি ঘন কালো ও দুর্গন্ধযুক্ত তরল পদার্থ। ইহা বেঞ্জিন, কার্বলিক অ্যাসিড ইত্যাদি অসংখ্য প্রয়োজনীয় জৈব পদার্থ প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়। কাঠ সংরক্ষণেও ইহার ব্যবহার আছে।

(২) **অ্যামোনিয়াক্যাল লিকার**—ইহাকে অতিরিক্ত পরিমাণে ঘোলাচুনের (milk of lime) সহিত মিশাইয়া ফুটাইলে অ্যামোনিয়া গ্যাস পাওয়া যায়। অ্যামোনিয়া গ্যাসকে H_2SO_4-এর সহিত বিক্রিয়া করিয়া অ্যামোনিয়াম সালফেট $(NH_4)_2SO_4$ বা জলে দ্রবীভূত করিয়া লিকার অ্যামোনিয়া প্রস্তুত করা হয়। তরল অ্যামোনিয়া বরফ প্রস্তুতি এবং $(NH_4)_2SO_4$ সার হিসাবে প্রভৃত ব্যবহার হয়।

(৩) **স্পেণ্ট লাইম**—ইহা সার হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(৪) **কোক**—কয়লার অন্তর্ধূম পাতনের ফলে অবশেষ রূপে রিটর্টে পাওয়া যায়। ইহা জ্বালানী হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

(৫) **গ্যাস কার্বন**—বৈদ্যুতিক চুল্লীতে বৈদ্যুতিক সেলে এবং আর্কল্যাম্পে তড়িৎ দ্বাররূপে ব্যবহৃত হয়।

(৬) **স্পেণ্ট অক্সাইড অব আয়রন**—ফেরোসায়নাইড এবং H_2SO_4 উৎপাদনের জন্য প্রয়োজনীয় SO_2 গ্যাস প্রস্তুতিতে ব্যবহৃত হয়।

অনুশীলনী

১। চিত্রাঙ্কণ সাহায্যে অ্যামোনিয়ার শিল্প প্রস্তুতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর এবং প্রস্তুতির জন্য যে সকল শর্তের প্রয়োজন হয় তাহা লিখ।

২। অ্যামোনিয়াম সালফেট ও ইউরিয়ার সংকেত লিখ। অ্যামোনিয়া হইতে উহাদের কিরূপে প্রস্তুত করা হয়? অ্যামোনিয়াম সালফেট ও ইউরিয়ার ব্যবহার আলোচনা কর।

৩। চিত্রাঙ্কণ সহ নাইট্রিক অ্যাসিডের শিল্প প্রস্তুতি সংক্ষেপে লিখ। উৎপাদন কালের বিক্রিয়াগুলির সমীকরণ লিখ।

৪। সংস্পর্শ প্রণালীতে সালফিউরিক অ্যাসিডের প্রস্তুতি সংক্ষেপে বর্ণনা কর।

৫। সুপার ফসফেট অব লাইম কাহাকে বলে? ইহার সংকেত কি? কিরূপে ইহা প্রস্তুত হয়? ইহার অন্যতম প্রয়োজন কি?

৬। কোল গ্যাস কি? কোল গ্যাস কিরূপে প্রস্তুত হয়? ইহার ধর্ম, জ্বালানি শক্তি ও ব্যবহার আলোচনা কর।

Questions

1. (a) A sample of gaseous hydrocarbon occupying 1·12 litres at N.T.P., when completely burnt in air produced 2·2 gms. of CO_2 and 1·8 gm of H_2O. Calculate the weight of the compound taken and the volume of O_2 at N.T.P. required for its burning. Find the molecular formula of the hydrocarbon.

(b) Naturally occuring boron consists of two isotopes whose atomic wts. are 10·01 and 11·01. The At. wt. of natural boron is 10·81. Calculate the percentage of each isotope in natural boron.

(c) From 200 mg. of CO_2, 10^{21} molecules are removed. How many moles. of CO_2 are left ? (*I.S.C.E. 1978*)

2. (a) State and explain with a suitable illustration the "Law of multiple proportions" in the chemical combinations of elements.

(b) What is the number of oxygen atoms in 0·90 gm. of water ?

Or

(a) Define equivalent wt. of element.

(b) A metallic oxide contains 60% of the metal. What is the equivalent wt. of the metal ? (*W.B.H.S. 1978*)

3. Choose the appropriate answer :—

(a) The rates of diffusion of two gases X and Y are in the ratio 1 : 3. The molecular wt. of Y is 2. The molecular wt. of gas X is (i) 9, (ii) 18, (iii) 27, (iv) 36·0.

(b) Both Carbon monoxide and Carbon dioxide contain oxygen, yet CO is a reducing agent because CO is (i) a lower oxide of Carbon, (ii) insoluble in water, (iii) a neutral oxide, (iv) contains higher percentage of carbon. (*Sambalpur H.S. 1978*)

4. (a) State Avogadro's hypothesis. What was the need for its formation ?

(b) A gas mixture containing 80% CO and 20% CO_2 by volume exists at 27°C and 750 mm. pressure. How many grams of CO_2 are present in 1·52 litres of this gas mixture ? (*W.B.H.S. 1978*)

5. On dissolving 2·00 gms. of a metal in sulphuric acid 4·51 gms. of the metal sulphate was formed. The specific heat of the metal is 0·057 cal/gm. What is the valency of the metal and its exact at. wt.? (*I.S.C.E. 1978*)

6. What happens when :—

(a) Red phosphorus is boiled with conc. nitric acid ;

(b) SO_2 gas is passed through acidified potassium dichromate solution ;

(c) Mercuric chloride is added to ferric chloride solution ;

(d) Potassium iodide solution is treated with alkaline potassium permanganate solution (Give balanced equation in each case). (*Sambal. I.Sc. 1978*)

7. (a) What is allotropy ? (b) Name the different allotropes of sulphur. (c) What are the different oxidation states of sulphur ? Name one compound from each oxidation state. (d) Suggest an experiment to prove that all the allotropes of sulphur consist of the same element. (*Sambal I.Sc. 1978*)

8. (a) What is a normal solution ?

(b) A laboratory bottle is labelled 12N HCl. How would you make from it 20 cc of 3N HCl ? (*W.B.H.S. 1978*)

9. (a) Give electronic interpretation of oxidation and reduction illustrating your answer with a suitable example. Show that oxidation and reduction occur simultaneously.

(b) Calculate the oxidation number of Mn in $KMnO_4$ and C in C_2H_4 (*W.B.H.S. 1978*)

10. (a) Arrange the following in the order of increasing acidity (write the weakest acid first)

(i) HOCl, HOI, HOBr

(ii) HOCl, $HOClO_2$, HOClO, $HOClO_3$.

(b) Find the oxidation number of all the atoms in the following :

(i) $S_2O_3^{2-}$, (ii) BaO_2, (iii) LiH, (iv) $C_2O_4^{2-}$, (v) N_2H_4. (*I.S.C.E. 1978*)

11. A mixture of FeO and Fe_3O_4 when heated in air to a constant weight, gains 5% in its weight. Find the composition of the initial mixture.

(*I.S.C.E. 1978*)

12. Fill up the gaps :

a) The oxidation number of chlorine in $KClO_3$ is—

b) Oxygen was discovered by—

c) The colour of Nitrogen peroxide gas is—

d) Diamond and graphite are—

e) Sodium peroxide is an—oxide

f) The reaction in which heat is absorbed is called an—reaction (*Sambal I.Sc. 1978*)

13. Complete the following equations :

a) $CaCO_3 \xrightarrow{heat}$, b) $Cl_2 + H_2S \rightarrow$

c) $FeSO_4 + H_2SO_4 + H_2O_2 \rightarrow$, d) $CH_3OH + PCl_5 \rightarrow$

e) $CH_3NH_2 + CH_3I$ (*Sambal I.Sc. 1978*)

14. i) The equilibrium mixture of NO_2 (gas)+CO(gas)$\rightleftharpoons CO_2$(gas)+NO(gas) exists at a definite temperature and at a total pressure of 2 atm. If the total pressure be increased to 4 atm, will the amount of products increase, decrease or remain the same? Explain your answer. (*W.B.H.S. 1978*)

ii) In the above reaction, if the partial pressure of CO be increased by introducing more CO into the system from outside, how will the amount of products be affected? (Answer only in qualitative terms)

iii) 10 c.c. of 10 N Sodium carbonate solution requires 5 c.c. of 1·0N hydrochloric acid solution for neutralisation if phenolpthalein be used as indicator. Explain why?

(*W.B.H.S. 1978*)

15. a) Balance the following equations :

i) $MnO_2 + HCl = H_2O + MnCl_2 + Cl_2$

ii) $CO + Fe_3O_4 = FeO + CO_2$

iii) $PI_3 + H_2O = H_3PO_3 + HI$

iv) $Cl_2 + IO_3^- + OH^- = IO_4^- + Cl^- + H_2O$

v) $HNO_3 + HI = NO + I_2 + H_2O$

vi) $HgS + HCl + HNO_3 = H_2HgCl_4 + NO + S + H_2O$

b) Complete, if necessary and balance the following equations :

i) $Cr_2O_7^{2-} + HNO_2 + H^+ =$ .... $NO_3^- + H_2O$

ii) $Ag + NO_3^- + H^+ = Ag^+ +$ .... $+ H_2O$

iii) $H_2O_2 + ClO_2 + OH^- =$ .... $+ O_2 + H_2O$

(*I.S.C.E. 1978*)

16. Explain the following statements :

a) Empirical formula and molecular formula of compounds are not always the same.

b) Aluminium oxide is an amphoteric oxide.

c) Ferric chloride solution is acidic although it is a normal salt.

d) Any acid contains hydrogen but any compound containing hydrogen is not an acid. (*W.B.H.S. 1978*)

17. a) Sulphuric acid acts as an acid, an oxidizing agent or as a dehydrating agent. In which way does it react when it acts on :

i) Sugar, ii) Sulphur, iii) Calcium carbonate, iv) Copper.

b) Fill up the blanks :

i) Bromine is manufactured by the action of — on the bromides present in sea water.

ii) Bromine reacts with moist sulphur dioxide to give— .

iii) Iodine reacts with potassium chlorate in presence of nitric acid to produce—and chlorine.

iv) Of the halide ions, — is the most powerful reducing agent. (*I.S.C.E. 1978*)

18. a) Explain the term vapour density. How is vapour density related to molecular weight ?

b) Describe a method by which the vapour density of a volatile substance can be determined.

c) 0·2 gm. of a gas occupies 54 c.c. at 27°C and 740 m.m. Hg pressure. Calculate the vapour density and molecular wt. of the substance.

d) Mention a method that may be used to determine the molecular wt. of a non-volatile solute. Outline the principle of the method you choose. (*I.S.C.E. 1978*)

19. Arrange Bromine, Chlorine, Iodine and Fluorine in the order of their increasing activity. Compare their physical and

chemical properties to bring in the gradation in change. (Restrict your answer to one physical and two chemical properties.)

(*W.B.H.S. 1978 ; I.S.C.E. 1978*)

20. What is meant by "hardness of water" ? Explain the causes of hardness of water.

Or

Show that :

a) Hydrochloric acid contains chlorine.

b) Nitric acid contains oxygen. (*W.B.H.S. 1978*)

21. How would you prepare Carbon dioxide in a laboratory ? How does it react with lime water ? (*Sambal. I.Sc, 1978*)

22. Describe the preparation of Sulphuric acid by contact process. (*Sambal. I.Sc. 1978*)

23. Describe with equations what happens when :

a) a mixture of powdered bone ash, sand and charcoal is heated in an electric furnace.

b) Sodium iodide is heated with concentrated sulphuric acid.

c) Nitric oxide gas is passed into ferrous sulphate solution acidified with sulphuric acid.

d) Chlorine gas is passed into cold and dilute sodium hydroxide solution.

e) White phosphorus is boiled with caustic potash solution. (*W.B.H.S- 1978*)

24. a) Describe with equation the laboratory process of preparing dry ammonia gas.

b) Write with equations what happens in the following cases :

i) NH_3 gas is passed over molten Sodium metal.

ii) Excess of NH_4OH solution is gradually added to a solution of Copper sulphate. (*W.B.H.S. 1978*)

25. a) Give one chemical reaction for each by which six of the following pairs of compounds can be distinguished :

i) Nitric oxide from nitrous oxide.

ii) Carbon monoxide from oxygen.

iii) Hydrogen sulphide solution from sulphur di-oxide solution.

iv) Dilute nitric acid from dilute hydrochloric acid.

v) Magnesium chloride solution from calcium chloride solution.

vi) Solid lead nitrate from solid sodium nitrate.

vii) Ammoninm nitrite from sodium nitrite.

b) Write down the equations of the reactions you have chosen under (a) above (*I.S.C.E. 1978*)

26. a) Discuss the conditions necessary for the preparation of Sulphur trioxide from Sulphur dioxide by the contact process.

b) How is Sulphuric acid obtained from gaseous Sulphur trioxide ?

c) State with equations, one use each, of sulphuric acid as a dehydrating agent and as an oxidizing agent. (*W.B.H.S. 1978*)

27. Write with equations, the products that are obtained when the following compounds and the mixtures are separately heated :—

i) Ammoniun nitrate.

ii) Potassium nitrate.

iii) A mixture of ammonium chloride and sodium nitrite.

iv) Lead nitrate. (*W.B.H.S. 1978*)